الترانزستور



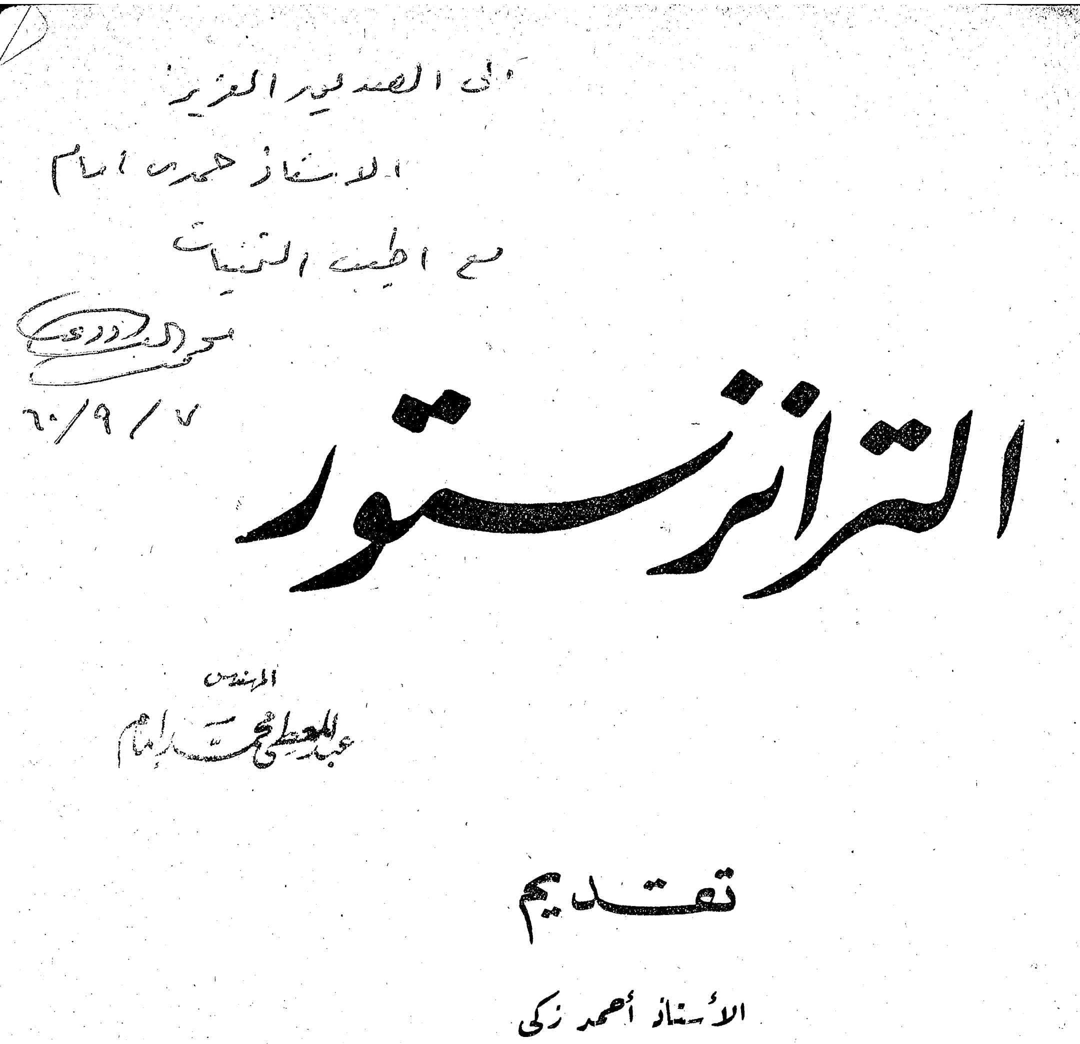
تأليف

محمد البارودي مفتش العلوم بالتعليم الثانوي

محمد أبو الفضل أحمد مدرس العلوم بالتعليم الثانوي

ملتزم الطبع والنشر

مكتبة النهضة المصرية بالقاهرة



تقديم

الأستاذ أحمد زكى

وكيل وزارة التربية والتعليم لشئون التعليم العام

المهندس

عبد المعطى محمد إمام

ملتزمة النشر والطبع

مكتبة النهضة المصرية

٩ شارع عدلى باشا بالقاهرة

العلمى
من أبـ
المساهمـ
فبز
بإدخال
وشـ
وأخرجو
ومن
من الناشئين
وتظل المختر
تحتكره طا
والمشاهـ
فى كل بلد و
صندوق مغلق
من عطب يصيـ
المستغلون .
فجاء هذا الـ
إذ تناول النظريـ

تقـــديم

الأستاذ الـكبير الوكيل المساعد لوزارة التربية والتعليم

خطت دولتنا الفتية خطوات موفقة بعيدة المدى فى سبيل مسايرة التقدم العلمى فى شتى ميادينه . وكان ذلك إيمانا بأن الأمم إنما تُبنى على جهود العلماء من أبنائها ، وإن اعتمادنا على غيرنا فى استيراد العلم وتقبل المخترعات ، دون المساهمة بنصيب إيجابى فعال ، هو تخلف تأباه نهضتنا الحاضرة .

فبزغت حركة طيبة مباركة بتطوير الجامعات وتدعيم التعليم فيما قبل الجامعة بإدخال ما استجد من ضروب التقدم العلمى .

وشجعت الدولة العلماء على التأليف والإنتاج . فتنافس الـكثيرون وأخرجوا كتبا ذات أثر فى هذه النهضة الرائعة .

ومن خير هذه المؤلفات ما قصد به تبسيط العلوم الطبيعية لتقريبها من الناشئين ومن الأفراد غير المختصين حتى لا تصبح طلاسم يعز عليهم فهمها وتظل المخترعات الحديثة أدوات غير مفهومة وسرا محوطا بالغموض ، تحتكره طائفة يعز عليها تقريب أسراره إلى أذهان الناس .

والمشاهد أن هذه الأجهزة العلمية كالراديو والمسجل قد دخلت كل بيت فى كل بلد وصارت أدوات أساسية ، لا نواحى ترفيهية ، ومع ذلك فهى صندوق مغلق أو لغز يستعصى على الفهم فى تركيبه وكيفية عمله كما أن إصلاحه من عطب يصيبه يصبح أمرا بعيد المنال على صاحبه ، ويستغله من أجله المستغلون .

فجاء هذا الـكتاب « الترانزستور » محققا لاستكمال مثل هذا النقص . إذ تناول النظرية العلمية للجهاز فى غير إغراق فى التفاصيل ، وبسّطها بحيث

جعلها فى متناول غير المتخصصين ، ثم عالج الجانب العملى والتركيب بصورة تفسر كيفية أداء الجهاز ووظيفة كل قطعة فيه وعلاقتها بالأجزاء الأخرى . والعطل الذى قد يصيب الجهاز وأسبابه وكيفية علاجه . وبهذا أزال الغموض وقرّب إلى الفهم ما كان مستعصياً على الإدراك .

وبهذه الطريقة سد فراغا كبيرا فى تبسيط العلم من جانبه النظرى وساعد الكثيرين على معرفة التركيبات المعقدة فى هذا الجهاز الحديث والدوائر التى يستخدم فيها ، بل لعل منهم من تشتد رغبته فى إنتاج وحدة منه لنفسه فيكون هذا الكتاب مرشـــدا وهاديا له فى تحقيق رغبته . ويتطور هذا التوجيه إلى نقض الزعم القائل بأن العلم وقف على طبقة من الناس ، بل ويدفع كثيرا منهم إلى متابعة القراءة فى المجلات العلمية المبسطة وبهذا نستطيع أن نخلق وعيا علميا جديدا ونطور عقلية النشء وغيرهم فيتجهون نحو متابعة النشاط العلمى .

ولا ريب أن تبسيط العلم يقتضى الإلمام التام بحقائقه . ولن يقدر على تبسيط المستوى دون خوف من الزلل إلا رجل ملك ناصيته . ويقاس مدى نفع الكتاب بتحقيق الأمرين معا : بساطة مع الدقة والصواب .

واستعراض فصول هذا الكتاب يطالعنا بأن المؤلفين قد نهجا هذا النهج القويم ونجحا فى الوصول إلى هذه الأهداف .

وأرجو أن يتابعا جهودهما فى هذا الميدان وهو واسع الأرجاء متعطش لسد فراغه الكبير . كما أرجو أن يشاركهم أخوان لهم توفر لهم الاطلاع العلمى المستمر مع القدرة على حل العقد وفك الرموز فى أسلوب مثير للتشويق والرغبة .

وفق الله الجهود وشد أزر العاملين .

أحمد زكى

١



تأليف

محمد البارودى
مفتش العلوم بالتعليم الثانوى

محمد أبو الفضل احمد
مدرس العلوم بالتعليم الثانوى

ملتزم الطبع و النشر

مكتبة النهضة المصرية

مقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم

والصلاة والسلام على أشرف المرسلين . وبعد :

نبتت فكرة إخراج هذا الكتاب من حديث موجّه من الرئيس الكبير . . . .

وهو الذى يفيض قلبه الكبير بالمحبة لهذا الوطن الكبير . . . .

يرى التقدم فى ميدان من الميادين فلا يهدأ له بال حتى يصيب لوطنه منه قسط كبير . . . .

ويظل يلاحق المعنيين بالأمر والقائمين عليه ، حتى يطمئن إلى أن الفكرة أصبحت مشروعا ، والمقترح قد خرج إلى حيز التنفيذ ، ثم تظل المتابعة حتى يؤتى المشروع أكله ، ويُجنى ثمره ، ويعم الخير .

عندئذ يشعر بالسعادة . . . .

هذا هو طابعه وتلك هى طبيعته . . . .

هذه الروح هى التى استطاع بتأثيره الساحر أن ينقلها إلى من يستطيع أن يقدم شيئاً لوطنه . . .

ويوما وقف فى الجامعة ينادى : « لا محل للجهال فى عصر الذرة . . . . وانه لا يمكن أن يتقدم العلم وتتخلف عن الركب . . . . »

وبهدى من هذا التوجيه أخرجنا هذا الكتاب .

* * *

وليس الغرض من هذه المحاولة أن نخرج كتابا مدرسيا . ولكنه كتاب

للقراء العابرين الذين لم تتح لهم فرصة دراسة الموضوعات الكهربية والالكترونية . فهؤلاء هم الذين نريد ـ فى هذا الوطن العربى الكبير ـ أن نعني بهم وأن نكتب لهم .

فالهدف إذا أن نكون جمهوراً عربياً يهوى قراءة العلوم ويتابع تفهم ودراسة ما يستحدث فيها . وواجبنا أن نبسط لهم ما هو معقد من البحوث العلمية ، مع العناية بصفة خاصة بما له منها تطبيق عملى يستخدم فى حياتهم .

ونحن لا نقصد ـ وإن كنا نتمنى ـ أن تكون متعة القراءة هى الهدف الوحيد ، بل وضعنا نصب العين ، الاغراض النفعية إلى جوار ذلك . فهناك فئة من القراء تستهويهم طرافة الموضوع ، وهناك فئة أخرى يشوقهم عند استعمالهم أجهزتهم معرفة تركيبها ، وفكرة عملها ، وبينما يوجد فريق من الطلاب وغيرهم من الهواة ، يتحمسون لبناء الأجهزة ويسعدهم سماعها بعد ذلك ، وهناك فريق من العمال المهرة الأذكياء الذين يعملون فى اصلاح أجهزة الراديو وأجهزة التسجيل وما إليها ، وهؤلاء يمكنهم أن يضيفوا إلى معارفهم وتجاربهم المكتسبة « من السوق » والممارسة ـ وأحيانا بطريقة بدائية أولية ـ يمكنهم أن يضيفوا إلى ذلك معارف وتجارب تزيد مهارتهم وتعينهم على دخول ميدان جديد سيكون فى المستقبل القريب من أبواب العمل والرزق ، فقد بدأت أجهزة الترانزستور تغمر السوق وسيصيبها شىء من العطب . . . فهل تلقى فى سلة المهملات . . . ؟

* * *

بعد أن أختمرت فكرة الكتاب وتحددت أهدافه جاء دور التنفيذ . . . كيف يتم الاخراج . . . . ؟

بدأنا بفرض أن القارىء الذكى المثابر يريد أن يعرف . . . . وهو لا يعرف . . . أذن . . . فأول مهمة أن تعد له تكئة من المعلومات العلمية

الأكاديمية ، لذلك أفردنا لها بابا ، لأعطاء فكرة سريعة مبسطة عن النظريات والمبادىء الأولية لبعض موضوعات فى الكهربية والمغناطيسية وتركيب الذرة ، مما رأيناه لازما لمتابعة موضوعات الكتاب الأساسية (الباب الثانى) .

وبعد أن تبين أن الترانزستور بدأ يغزو الأنابيب الالكترونية المعروفة وأخذ يزيحها ليحل محلها ويعمل عملها أصبح لزاما أن يعالج موضوع الأمواج اللاسلكية والأنابيب الإلكترونية لتسهل المقارنة الوظيفية (البابان الثالث والرابع) .

وكمقدمة للدخول فى الموضوع الأساسى أفرد باب لأنصاف الموصلات وبللورة عنصر الجرمانيون النقية والمشوبة التى تكوّن المادة الأساسية للترانزستور (الباب الخامس) .

وقسمت الدراسة الباقية للترانزستور إلى قسمين رئيسيين :

القسم الأول : ويشمل المعالجة العلمية لنظرية عمل الترانزستور ثم صناعته فى المنزل وفى التجارة .

أما القسم الثانى : « القسم العملى » فيشمل استخدامات الترانزستور فى الأغراض العملية والأجهزة المستعملة فى الحياة فى دوائر روعى فيها ما يلى :

أولا : بوبت تبويبا يسهل على المنفذ مهمته فيجد :

(ا) رسم الدائرة وعلى كل جزء فيها رمز خاص .

(ب) قائمة بالأدوات والقطع اللازمة مشاراً إليها بنفس الرموز المبينة على الرسم ، مع مراعاة التعريف الدقيق بكل قطعة بوضع موصفاتها الكاملة ، والمستعملة فى السوق .

(ح) توضيح طريقة بناء الأجزاء المركبة (أن وجدت) وطريقة توصيل القطع والاجزاء ببعضها مع أبراز الإحتراسات اللازمة .

(ى) فى النهاية خلاصة لشرح النظرية العلمية التى يؤدى الجهاز عمله بمقتضاها بقدر ما وسعنا الجهد من تبسيط واختصار .

ثانياً : نفذت غالبية الدوائر الواردة بمعرفة المؤلف تنفيذاً فعلياً وجربت وأدخلت بعض التعديلات ، أما للحصول على نتائج أفضل أو للإستعاضة عن القطع التى لا يمكن الحصول عليها من السوق المحلية .

ثالثاً : تضمنت قائمة القطع والادوات فى الدوائر التى جربت بيانا له الاهمية القصوى لدى الهواة ، وهو بيان الاسعار وأماكن الشراء ، حيث قد لمسنا بسابق خبرتنا أن عدم معرفة الهاوى بذلك يعتبر من أهم الاسباب التى تقعدبه عن إشباع وتحقيق هوايته ، حيث يتهيب التنفيذ ، أو حتى التفكير فيه ، خشية التورط فى تكاليف لا قبل له بها. والآن يمكنه أن يضع ميزانيته ويعرف طريقه إلى شراء ما يريد .

رابعاً: ذيل هذا القسم بباب للاختبارات المختلفة لمعرفة كفاءة وصلاحية كل جزء عند التوصيل والتعديل اللازم للحصول على أحسن النتائج ، ثم بيان بطرق إصلاح الاخطاء والعيوب التى قد يكشف عنها الاختبار .

ومن هذا التبويب يتيسر للهاوى ـ الذى يريد تركيز اهتمامه على النواحى العملية وحدها ـ أن يمر مر الكرام على القسم النظرى ، وإن كنا لا ننصح بهذا مطلقاً حيث أن معرفة الفكرة النظرية تجعل المنفذ لإحدى الدوائر العملية بناء على إدراكه الحكمة من كل خطوة ومرحلة ، أقدر على التصرف .

واستكمالا للفائدة واستحداثا لنوع من الصلة بين المؤلف والقارىء يسرنا أن يتصل بنا كل هاو يلحظ عند التنفيذ ملحوظة يريد أن يستوضحها أو تعديلا يريد اقتراحه ، فإنه من الأمور الكثيرة الحدوث فى الأوساط العلمية فى كل مكان ، أن بعض الهواة الأذكياء ، بعد أن يفهموا ويهضموا الأفكار الأساسية ، يمكنهم التصرف بل وتصميم دوائر وتوصيلات ينفذونها

ويجربونها ويحصلون منها على نتائج باهرة ... يسرنا أن تتكون بيننا وبين هؤلاء صلة علمية .

وتوجد فى نهاية الكتاب ورقة قابلة للانفصال يستطيع القارىء تضمينها ملاحظته وإرسالها .

وبعد .. لا أخالنا فى حاجة إلى الإشادة بالقيمة النفعية للترانزستور والاجهزة المكونة منه ، فهذه القيمة من أن نشغل بتعدادها وليس أقلها شأنا صغر حجم أجهزته مما تقتضيه الضرورة الملحة أحياناً كما فى الاجهزة المعينة على السمع ، وضآلة استهلاكها للتيارات الكهربية ، وسهولة نقلها وحملها وتشغيلها .

وأخيراً نرجو أن نكون قد وفقنا فى مهمتنا بمحاولة تحقيق الهدف الذى قدرناه وفى إطار الموضوعات التى رأينا — فى تقديرنا — أنها كافية لتعريف القارىء العربى العزيز بذلك الجهاز العظيم « الترانزستور » .

والله ولى التوفيق ؟

المؤلفان

محتويات الكتاب

الباب الأول

تمهيد وتعريف

الباب الثانى

مبادىء فى الكهرباء واللاسلكى

وتأثير توصيله فى دائرة متصلة بمصدر للتيار المتردد) . العوامل التى تؤثر فى التيار المتردد (المقاومة والممانعة — الحث ورد الفعل التأثيرى للملفات — السعة ورد فعل المكثفات) — الدوائر الكهربية التى تحتوى على ملفات أو مكثفات أو هما معاً متصلة بمصدر للتيار المتردد (ا — دوائر تحتوى على مقاومة وملف . ب — دوائر تحتوى على مقاومة ومكثف . ح — دوائر تحتوى على ملف ومكثف) . الرنين فى الدوائر الكهربية — معامل القدرة . المحولات (المحول ذو القلب الحديدى — كفاءة المحول — الممانعة فى المحولات — المحولات الذاتية) . التحصيل . النظرية الذرية الحديثة .

الباب الثالث

الموجات اللاسلكية

أنواعها ـ انعكاسها ـ الطبقات المتأينة الموجودة حول الكرة الأرضية وشروط انعكاس الموجات اللاسلكية عليها .

الباب الرابع

الانبوبة الالكترونية

تعريفها ـ الصمام الثنائى ـ عمل الصمام الثنائى ـ الصمام الثلاثى ـ الثيراترون ـ الصمام الرباعى ـ الصمام الخماسى ـ الصمامات ذات الأقطاب العديدة ـ الصمامات ذات الوحدات العديدة .

الباب الخامس

انصاف الموصلات

تعريفها ـ تركيب ذرة الجرمانيوم ـ البللورة النقية من الجرمانيوم ـ بللورة

الجرمانيوم المشوبة ـ بللورة الجرمانيوم المشوبة بالزرنيخ (السالبة) ـ بللورة الجرمانيوم المشوبة بالبورون (الموجبة) .

الباب السادس

البللورة الثنـــائية

تركيبها ـ توصيلها بمصدر للتيار المستمر ـ توصيلها بمصدر للتيار المتردد ـ عملية التقويم التى تقوم بها البللورة الثنائية ونظرية تشغيلها .

الباب السابع

نظرية الترانزستور وصناعته

نظرية الترانزستور ـ الترانزستور ذو الأقطاب المتلاصقة (السالبة الموجبة السالبة) والترانزستور ذو الاقطاب المتلاصقة (الموجبة السالبة الموجبة) والترانزستور ذو نقطتى التلامس ـ صناعة الترانزستور : ـ طريقة نمو البللورة المتلاصقة ـ طريقة النمو بالحركة المتغيرة السرعة ـ طريقة اللحام لتكوين سبيكة .

أنواع الترانزستور ـ ترانزستور الخطاف ـ الترانزستور وحيد القطب ـ الترانزستور ذو الحاجز السطحى ـ الترانزستور ذو الاقطاب المتلاصقة الموجبة . السالبة . الانديوم . الموجبة ـ الترانزستور ذو الاقطاب المتلاصقة السالبة . الموجبة . الانديوم . السالبة ـ الترانزستور الطافى ـ الترانزستور ذو القاعدة المنتشرة .

استخدام السطوح المتلاصقة بين المواد النصف الموصلة فى أجهزة أخرى ـ الموحد الثنائى ذو القاعدة المزدوجة ـ موحد زينر ـ الثرميستور ـ الموحد الثنائى الضوئى ـ اشكال الترانزستور وحجومه .

الباب الثامن

صناعة الترانزستور بالمنزل وطرق اختباره

كيفية صناعة الترانزستور بالمنزل - الأدوات والمعدات - أماكن الحصول على الأدوات - خطوات العمل - ملاحظات يجب مراعاتها عند تركيب الترانزستور - طرق التحقق من صلاحية الترانزستور - قياس المقاومات فى أجزاء الترانزستور - اختبار النقط الحساسة فى الترانزستور - تحديد كل من الطرف المجمع والطراف الباعث للترانزستور - جهاز اختبار الترانزستور .

الباب التاسع

دوائر عملية يدخل الترانزستور فى تركيبها

أولا : أجهزة الاستقبال :

١ — راديو بترانزستور واحد يمكن تثبيته فى اصبع اليد فى حجم علبة الكبريت .

الأدوات - طريقة توصيل الدائرة - كيف يعمل الجهاز .

٢ — جهاز استقبال يحتوى على ثلاثة ترانزستورات .

الأدوات - توصيل الدائرة الكهربية للجهاز - كيف يعمل الجهاز - تشغيل الجهاز .

٣ — جهاز تكبير يمكن توصيله بالجهاز الأول ليقوم بعملية الاستقبال ويحتوى على خمسة ترانزستورات :

الأدوات - توصيل الدائرة - كيفية تشغيل الجهاز ونظرية عمله .

ثانيا : أجهزة مساعدة السمع .

جهاز سمع يحتوى على ثلاثة ترانزستورات ومحولين .

ثالثا : أجهزة الارسال .

١ — جهاز ارسال يحتوى على ترانزستور واحد .

٢ — جهاز إرسال يحتوى على ترانزستورين .

رابعا : أجهزة يستخدم فيها الترانزستور فى أغراض أخرى .

١ — جهاز اتصال متنقل بترانزستورين .

٢ — الحارس الصامت .

الباب العاشر

صيانة وإصلاح أجهزة راديو الترانزستور

البطاريات — المكثفات — الدوائر المطبوعة — طريقة العمل فى الدوائر المطبوعة — قياس الجهد — قياس شدة التيار .

المراجــــع .

الباب الأول

تمهيد وتعريف

نظرة خاطفة عما هو الترانزستور

لا بد أن تتساءل أيها القارىء العزيز ما هو الترانزستور؟

قبل أن ندخل فى التفاصيل المتعلقة بالترانزستور ، يجدر بنا أن نقدم لك الترانزستور فى أبسط صورة له .

الترانزستور إن هو إلا جهاز يقوم بالوظائف الأساسية التى يقوم بها الصمام المعروف والمسمى بالصمام الالكترونى الشائع الاستعمال فى أجهزة الراديو والتليفزيون .

إذن فكل المهام التى يؤديها الصمام الالكترونى يمكن أن يقوم الترانزستور بها بل وبطريقة أفضل ، وستأتى الإشارة فى ثنايا هذا الكتاب إلى أوجه فضله عليه .

ويعنى القول السابق أن الترانزستور يستطيع أن يقوم بعملية التكبير Amplification التى يقوم بها الصمام الالكترونى أينما مست الحاجة إلى هذه العملية ، وبذلك يكون التيار الخارج من الترانزستور (أو الصمام الالكترونى) أكبر من التيار الداخل فيه ومتناسباً معه من حيث شدته وضعفه .

وزيادة على ذلك فإن الترانزستور (كذا الصمام) يمكن أن يكون من وظيفته التحكم فى الكهربية فى دائرة غير الدائرة الأساسية التى تتضمنه .

ويتركب الصمام الالكترونى المعروف لنا من فقاعة زجاجية تكون

عادة مفرغة من الهواء تفريغاً تاما تقريباً وأحياناً تكون ممتلئة بغاز خامل مثل غاز النيتروجين أو غاز الهليوم . ويوجد بداخل هذه الفقاعة الزجاجية ثلاث مكونات رئيسية وهى :

١ — الفتيل Filament وهو مصنوع من معدن يقاوم مرور التيار الكهربى ويسخن عند مروره فيه فتنطلق منه شحنات كهربية سالبة تعرف بالكهارب أو الالكترونات .

٢ — لوح معدنى أو مصعد Plate وهو يحيط بالفتيل ويوصل بمصدر كهربى ذى جهد موجب فيقوم بجـــذب الكهارب التى تنطلق عند تسخين الفتيل .

٣ — شبكة معدنية Grid وتوجد بين الفتيل واللوح ويمكن بتغيير جهدها التحكم فى كمية الكهارب التى تمر من الفتيل إلى اللوح .

أما الترانزستور فهو أبسط فى التركيب ولو أنه ليست له هذه البساطة عند صناعته أو عند توصيله فى الدوائر الكهربية . ويتركب الترانزستور من قطعة من معدن الجرمانيوم يتصل بها ثلاثة أسلاك :

١ — سلك يسمى بالقاعدة ، Base .

٢ — سلك يسمى بالمجمع ، Callector .

٣ — سلك يسمى بالباعث ، Emitter .

هذا هو الترانزستور فى أبسط مظاهره .

كيف يعمل الترانزستور ..؟ ما الفرق بينه وبين الصمام الالكترونى..؟ مامميزات الترانزستور على الصمام الالكترونى..؟ ماهى الدوائر والأغراض التى يستخدم فيها الترانزستور ..؟ كل هذا ما ستقرؤه خلال الصفحات والسطور القادمة ...

نظرة تاريخية

حدث ذلك فى سنة ١٩٤٨ بينما كان اثنان من المشتغلين فى معامل الابحاث الملحقة بشركة بل للتليفونات بأمريكا وهما براتين Brattain وباردين Bardeen يتوافران على دولة الخواص السطحية للموحد الثنائى البللورى Crystal Diode المصنوع من مادة نصف موصلة وهى الجرمانيوم[1] ، فلاحظا أن عملية توصيل الجرمانيوم للتيار الكهربى يمكن التحكم فيها بوضع قطب اضافى على سطحه ، وهذه الظاهرة البسيطة هى التى ساعدت فيما بعد على صناعة الترانزستور ذى نقطتى التلامس Point Contact Transistor الذى أدى بناء على خصائصه من حيث تكبير التيارات الكهربية التى تدخله إلى استخدامه كمكبر عوضا عن الصمام الالكترونى المعروف .

وقد لوحظ فى هذا الجهاز كثير من العيوب التى كادت أن تثبط الهمم ومنها :

١ — التشويش Distortion فقد كان مقداره كبيراً بالنسبة لما ينتج عند استعمال الصمامات الالكترونية .

٢ — أن خصائصه تتأثر بقدر كبير بتغير درجة رطوبة الجو ودرجة حرارته .

---

(١) الجرمانيوم هو ذلك العنصر الذى يشبه الحديد والذى استخدم قديما فى ملء تجاويف الأسنان ، والذى استخدم فى عمل موحدات ثنائية للكشف عن الموجات اللاسلكية فى أجهزه الرادار أثناء الحرب العالمية الثانية . ومنذ ذلك الوقت بدأ « عصر الجرمانيوم » حيث أخذ الباحثون فى دراسة هذا المعدن واستخدامه فى مهمة الكشف Detection حيث وجد أن البللور المصنوعة منه توصل التيار الكهربى فى اتجاة معين ولاتسمح بتوصيلة فى الاتجاه المضاد . وقد ظلت البحوث على هذا العنصر تسير قدما على مر السنين حتى ابحاث برتين وباردين سنة ١٩٤٨ .

٣ — أنه كان سهل الكسر عند تعرضه لأقل الصدمات ويتلف بسرعة مع كثرة الاستعمال .

وفى يوليو سنة ١٩٤٩ قام و . شوكلى W. Shockley وهو أيضاً من المشتغلين فى معامل أبحاث شركة بل للتليفونات بأمريكا بنشر بحث له عن امكان صناعة ترانزستور من نوع جديد سماه الترانزستور ذا الاقطاب المتلاصقة[1] Junction Transistor . وبعد مدة وجيزة أمكن اخراج هذا النوع إلى حيز الوجود . وأهم فرق بين هذا النوع والنوع ذى نقطتى التلامس هو أن التيار الكهربى يمر خلال سطح كبير من قطعة الجرمانيوم بدلا من مروره فى نقطة بسيطة وفى هذه الحالة يستغل تلامس مساحة كبيرة من قطع الجرمانيوم فى التوصيل بخلاف ما يحدث فى الترانزستور ذى نقطتى التلامس حيث لايستغل فيه إلا نقطة صغيرة هى موضع اتصال كل من طرفى الترانزستور بقطعة الجرمانيوم .

ولقد وجد أن الترانزستور ذا الاقطاب المتلاصقة يفضل الترانزستور ذا نقطتى التلامس من ناحيتى تقليل التشويش والتعرض للتلف والكسر .

وقد بذلت بعد ذلك محاولات كثيرة على الترانزستور ذى الاقطاب المتلاصقة تتجه نحو تحسين طرق صناعته والوصول إلى أقصى ما يمكن من الميزات التى يمكن الحصول عليها من هذا النوع حتى سنة ١٩٥١ عندما أمكن تحسين طرق الحصول على سبائك الجرمانيوم للوصول بها إلى أنواع متلاصقة من الترانزستور حيث وصل العلماء إلى صناعة ترانزستور من النوع ذى الاقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة (+ — +) وهو

---

(١) هذا النوع يتركب كما سيرد شرح ذلك من ثلاث قطع متصلة من الجرامنيوم قطعتان سالبتان (Negative, N,—) بينهما قطعة موجبه (Pasitive, p, +) ويرمز له بالرمز سالب موجب سالب أو (— + —)

عكس النوع السابق فى ترتيب قطع الجرمانيوم ومعظم الترانزستورات التى تباع فى الأسواق فى هذه الأيام تصنع من هذا النوع وبهذه الطريقة .

وفى سنة ١٩٥٣ أمكن لبعض الباحثين من علماء شركة فيلكو إيجاد طرق جديده للحصول على أنصاف موصلات فعالة ونشطة بدرجة كبيرة وقد أدى ذلك إلى صناعة نوع جديد من الترانزستور يسمى ذو الحاجز السطحى Surface Barrier Transistor وهو يختلف فى طريقة توصيله عن الطرق المستخدم فيها النوع ذو الأقطاب المتلاصقة .

وفى خلال السنوات التى تلت سنة ١٩٥٣ حتى الوقت الحاضر قامت عدة هيئات غير شركتى بل للتليفونات وفيلكو بصناعة نماذج من الترانزستورات بعضها له مميزات أساسية ويختلف عن الأنواع السابقة وأهمها :

١ — الترانزستور ذو الاقطاب المتلاصقة موجب — سالب — انديوم موجب P. N. I. P.

٢ — الترانزستور ذو الاقطاب المتلاصقة سالب — موجب — انديوم سالب N. P. I. P.

٣ — الترانزستور الطافى Drift Transistor .

٤ — الترانزستور ذو القاعدة المنتشرة Diffused Base Transistor

٥ — السباسيستور Spacistor

وخلال المدة التى حدثت فيها كل هذه التطورات فى صناعة الترانزستور وأنواعه التى كان من أهمها النوع ذو الأقطاب المتلاصقة ، كانت هناك محاولات دائمة مستمرة لتحسين خواص المـــواد النصف الموصلة Semiconductors ذاتها التى تقوم عليها صناعة الترانزستورات . ولقد كانت

أهم هذه التطورات والتحسينات هى التى أمكن بها تحسين صفات عنصر السيليكون كمادة نصف موصلة وقد صنعت منه ترانزستورات تمتاز عن الأنواع المستخدم فيها الجرمانيوم بتحملها لدراجات حرارة عالية دون أن يحدث ذلك أى نقص فى كفاءتها أو عملها ، بعكس الترانزستورات المصنوعة من الجرمانيوم التى لا تتحمل التغيرات الكبيرة فى درجات الحرارة . ولقد كان معظم الدراسات السابقة خلال العشر السنوات الماضية منصبة على عنصر الجرمانيوم كمادة نصف موصلة ، ولم يأخذ السيليكون مكانه فى صناعة الترانزستورات إلا منذ وقت قصير ، ولذلك فإن الطرق الصناعية التى تستخدم مع السيليكون ما زالت فى مراحلها الأولى . والترانزستورات المصنوعة حالياً من عنصر السيليكون لم تصل بعد إلى الدرجة التى يمكن عندها الاعتماد عليها ، ولكن تحملها لدرجات عالية من الحرارة يغطى هذا العيب . كما أنه قد اكتشفت مواد أخرى نصف موصلة مثل زرنيخيد الجاليوم Gallium arsenide وأنتيمونيد الانديوم Indiom antimonide وهناك تفكير فى استخدامهما فى صناعة الترانزستورات فأما الأول فله ميزة السيليكون من حيث تحمله للحرارة الشديدة دون حدوث تغير يذكر فى عمله كمقوم أو كمكبر بل يفضله فى ذلك كثيرا وهذه الخاصية لها أهميتها فى بعض الأجهزة الالكترونية التى لابد من تعرضها لدرجات حرارة عالية كما يحدث غالباً لأجهزة الأقمار الصناعية وسفن الفضاء التى تتعرض لدرجات حرارة عالية عند اختراقها لطبقات الهواء الجوى عند انطلاقها من الأرض أو رجوعها إليها ، ومن خصائص انتيمونيد الجاليوم حرية حركة الالكترونات فيه مما يجعله صالحا للاستعمال فى الدوائر الكهربية ذات التردد العالى . وبالرغم من أن هاتين المادتين قد أمكن الحصول عليهما فى الحالة البللوريه إلا أن بللوراتهما ما زالت غير نقية ليمكن استعمالها فى صناعة الترانزستورات من أنواع جيدة .

والآن ونحن فى عصر الذرة حيث البحوث الذرية تشغل الأذهان وأصابت قدراً لا يستهان به من التقدم فقد وجد أنه يلزم وجود أجهزة الكترونية يمكن أن تقوم بعملها فى الأجواء الملوثة بالاشعاعات النووية الناشئة من تفجير الذرة فى حين أن الترانزستورات لسوء الحظ قد وجد أنها تتأثر تأثراً كبيراً بالاشعاعات النووية . إذن فمهمة العلماء فى هذا العصر متجهة إلى تركيز الأبحاث وبذل الجهود للوصول إلى ترانزستورات لا تتأثر بالاشعاعات الناتجة من المفاعلات النووية .

مكانة الترانزستور

بالنسبة للصمام الالكترونى حاليا ومستقبلا

ما أن اكتشف الدور الذى يقوم به الترانزستور حتى تلقفته دور الصناعة لتفيد من ذلك الجهاز الدقيق الذى يقوم بأعمال جسام . إذ أن امكان صنع أجهزة خفيفة الوزن دقيقة الحجم طويلة العمر قليلة الاستهلاك للتيار الكهربى كانت فى نفسها من أهم أهداف الصناعة واستطاع استخدام الترانزستور تحقيقها .

وأول ماقامت به دور الصناعة عندما أصبح الترانزستور فى حكم المستعمل من الناحية التجارية أن ادخل فى تركيب أجهزة لمساعدة ذوى السمع الضعيف ، ونحن نعلم ما يجب أن تكون عليه مثل هذه الأجهزة من دقة فى الصنع وصغر فى الحجم وقلة للإستهلاك الكهربى وهى ميزات لا يستطيع الصمام الالكترونى تحقيقها . كما قامت بعض شركات السيارات باستخدام أجهزة الراديو المستعملة فى سياراتها من النوع المستخدم فيه الترانزستور توفيراً لأجهزة لازمة للحصول على جهد كهربى مرتفع عند استعمال أجهزة الراديو ذات الصمامات الالكترونية ، كذلك بالنسبة لكثرة ما يحدث للسيارة من اهتزازات عنيفة مما قد يسبب تلفا للصمامات الالكترونيه يجعل استعمال الترانزستور عوضا عن الصمام الإلكترونى أمرا ظاهر الأهمية .

هذا بالإضافة إلى أنه يمكن استخدام الترانزستور بدلا من الصمامات الإلكترونية فى أجهزة الاستقبال فى القرى والأقاليم التى لا يوجد بها تيار كهربى عام ، فلا نحتاج إلى بطاريات لا تلبث أن (تفرغ) وتحتاج إلى تجديد

ممـا يعطل الجهاز فترة من الزمن حتى يستعاض عنها ، فضلا عن المصاريف التى يتكلفها مالك الجهاز من آن لآخر .

وقد قامت شركة بل للتليفونات باستخدام الترانزستور فى أجهزة الاتصال الأوتوماتيكى ، ولمـا كانت هذه الأجهزة يدخل فى تركيبها مجددات للتيار Relays كبيرة الحجم معقدة التركيب وتستهلك مقادير كبيرة من الكهربيه ، فقد أمكن الاستعاضة عن هذه المجددات - بالترانزستور ، وبذلك أمكن توفير الحيز الذى تشغله المجددات وتوفير كميات كبيرة من التيار الكهربى فضلا عن بساطة التركيب .

وفى غير هذه الأغراض استخدم الترانزستور فى كثير من الأجهزة الإلكترونية المعقدة التركيب مثل العقول الإلكترونية والآلات الحاسبة ممـا جعل تركيب هذه الأجهزة أسهل بكثير منه عند استخدام الصمامات الإلكترونية وقلل كثيراً من الحجوم التى تشغلها هذه الأجهزة . والجدير بالملاحظة أن الترانزستور قد بز الصمام الإلكترونى فى جميع الميادين التى نحتاج فيها إلى حجم صغير واستهلاك كهربى ضئيل مع قدرة على احتمال الصدمات دون تأثر .

تلك هى الميزات التى يمكن فى هذه العجالة أن نذكرها للترانزستور على أنه من الوجهة الأخرى له بعض العيوب على رأسها الحساسية لدرجات الحرارة المرتفعة ، كذلك من عيوبه ارتفاع ثمنه إرتفاعا يبلغ فى المعتاد ثلاثة أمثال ثمن الصمام . ولا يزال الصوت فى أجهزة الراديو المستخدم فيها الترانزستور تشوبه كثير من الأصوات غير المرغوب فيها (التشويش) .

وكل هذه العيوب هى موضع البحث والعناية ، ولن تهدأ لرجال الصناعة همة حتى يتغلبوا عليها ، وتدل الأبحاث التى ترد تباعا أنهم فى طريق النجاح لأداء هذه المهمة .

وثمة ميادين أخرى بدأ الترانزستور يغزوها واستطاع أن يقوم فى تركيبات كهربيه هامة مكان بعض الأجهزة المعروفة والمستخدمة فى مختلف هذه الميادين فى الحياة العامة ، نذكر منها على سبيل المثال لا على سبيل الحصر، أنه أمكن استخدام الترانزستور بدلا من الخليـــة الضوئية الكهربية photoelcctriccell حيث يمكنه أن يحول اختلافات الضوء إلى اختلافات فى التيار الكهربى مناسبة للاختلافات الضوئية ، وهو الجهاز المستخدم فى السينما الناطقة وأجهزة حراسة الخزائن .

وقصارى القول فإن الترانزستور قد دخل فى تركيب عديد من الأجهزة التى نستخدمها فى حياتنا العامة والتى يعود الفضل إليها فى زيادة متعتنا ورفاهيتنا فى هذه الحياة .

تطوير صناعة الترانزستور

ان التطور والتقدم فى صناعة الترانزستور خلال الثمانى السنوات الأخيرة يكاد يماثل ما حدث من التطور فى صناعة الصمامات الالكترونية خلال أربعين سنة . وقد أمكن الآن صناعة بعض نماذج من الترانزستور تستطيع أن تعمل مع تيار كهربى يصل تردده إلى ١٠٠٠ مليون ذبذبة فى الثانية وما تزال هذه النماذج فى طور التجريب والاختبار .

أما من جهة القدرة الكهربية فقد أمكن صناعة ترانزستور يمكنه أن يتحمل من القدره الكهربية ما تبلغ قيمته ١٠٠ واط . ومن ناحية التشويش سارت الأبحاث قدما حتى أمكن تقليله فى النماذج المصنوعة أخيراً إلى حد كبير للغاية .

كذا لوحظ أن عمر الترانزستور يقاس بالسنوات (وقد ذكرت

بعض المصادر العلمية الموثوق بها أن الترانزستور يمكن أن يبقى عاملا وفى حالة جيدة مدة تصل إلى أربعين سنة) وذلك بخلاف الصمام الإلكترونى الذى يقاس عمره بالساعات .

وقد سبقت الاشارة ضمن عيوب الترانزستور أنه لا يمكنه العمل عند درجات الحرارة المرتفعة وقد أدت الأبحاث إلى صناعة نماذج منه تتحمل درجات حرارة عالية تتراوح بين ٣٧٥ ، ٥٠٠ درجة مئوية .

حين ننظر إلى المستقبل نجد أن الترانزستور سوف يحتل مكانة ضخمة فى مجال الأجهزة الالكترونية . فيمكن باستخدامه فى دوائر كهربية مختلفة صناعة أجهزة حاسبة وعقول الكترونية على نطاق تجارى بحيث يمكن حفظ الوثائق والمستندات والمخترعات الهامة فيها بسهولة . كذلك فقد يصبح بالإمكان استعمال البطاريات الذرية والبطاريات الشمسية التى تعمر مدة تصل إلى ٢٥ سنة فى تشغيل أجهزة استقبال وإرسال يعمل فيها الترانزستور ، بل ويمكن كذلك استعمال الترانزستور ضمن دوائر كهربية حاسبة توضع فى السيارات بحيث يمكن للسائق أن يترك السيارة تقود نفسها إلى مكانها بعد عمليات ضبط بسيطه لأجهزة القيادة .

الباب الثانى

مبادىء فى الكهربية واللاسلكى

لعله من المستحسن قبل بدء الدراسة التفصيلية الترانزستور أن نذكر بعض المصطلحات اللازمة فى المغنطيسية والكهربية وبعض العلاقات بين عواملها المختلفة ليتيسر متابعة التوضيح اللازم لذلك . ولن نتعرض للتفصيلات فى هذا الصدد ولا للعلاقات الرياضية إلا بالقدر الذى لا يمكن الاستغناء عنه ، والذى بدونه لايسهل الفهم الشامل لموضوعات هذا الكتاب بالنسبة للقارىء الذى لم تتح له الفرصة للتعمق فى الدراسة العلمية المتصلة بهذه الموضوعات .

المجال المغنطيسى والمجال الكهربى والمجال الكهرومغنطيسى

المجال المغنطيسى : وهو منطقة تحيط بالمغنطيس من جميع نواحيه ويظهر فيها آثاره بحيث يمكنه خلال هذه المنطقة جذب برادة الحديد أو جذب مسامير حديدية .

المجال الكهربى : هو منطقة تحيط بأى شحنة كربية بحيث تظهر خلال هذه المنطقة آثار الشحنة الكهربية .

ولكل مجال سواء كان مغنطيسيا أو كهربيا شدة معينة تتوقف على عوامل ، فشدة المجال المغنطيسى تكون فى النقطة القريبة من المغنطيس أكبر من شدته على مسافة بعيدة عنه . وتزداد شدة مجال المغنطيس كلما زادت قوة تمغنسطه وتقل بنقصها .

والمجال المغنطيسى الثابت ينشأ من مغنطيس ثابت ، والمجال الكهربى

الثابت ينتج عن شحنة كهربية ثابتة ، أما إذا تغيرت شدة المجال المغنطيسى فإنها تنتج مجالا كهربيا وكذلك إذا تغيرت شدة المجال الكهربى أنتجت مجالا مغنطيسيا . وقد استغلت العلاقة بين المجالين المغنطيسى والكهربى فى صنع المولدات والمحركات الكهربية وفى تكوين التيارات التأثيرية .

المجال الكهرومغنطيسى : هو مجال يتكون من المجالين المغنطيسى والكهربى وكلاهما فى حالة تغير . وتستخدم المجالات الكهرومغنطيسية فى الإتصالات اللاسلكية .

خطوط القوة

ويتكون كل مجال من خطوط تسمى خطوط القوة وهى خطوط وهمية . ويمثل عدد خطوط القوة الموجودة فى سنتيمتر مربع واحد ، شدة المجال فى هذه المنطقة . وتزداد شدة المجال كلما زاد عدد خطوط القوة وتقل بقلتها .

الالكترون والتيار الكهربى

الالكترون : عبارة عن جسيم صغير جداً يوجد داخل جميع ذرات العناصر وعليه شحنة كهربية سالبة . والذرات هى الواحدات الصغيرة التى تتركب منها كافة المواد ، وسيأتى ذكر تركيب الذرات تفصيلا فى باب خاص ، ولكن يهمنا الآن معرفة أن هذه الالكترونات الصغيرة يمكنها أن تنتقل من ذرة إلى ذرة أخرى ويسبب انتقالها على هذا النحو مرور تيار كهربى .

التيار الكهربى : وهو عبارة عن عدة شحنات متتالية متحركة تنشأ من وجود قوة دافعة كهربية أو ما يسمى فرق جهد مستمر بين نقطتين فى دائرة كهربية .

أما شدة هذا التيار الكهربى فتقدر بكمية الشحنات الكهربية (وهى

تمثل تجمعات من الالكترونات) التى تمر بنقطة معينة فى الدائرة الكهربية فى الثانية .

المواد الموصلة والمواد العازلة

تسمى المواد التى يمكن أن تتحرك خلالها الالكترونات بسهولة بالمواد الموصله أما المواد التى لا تسمح بإطلاق إلكتروناتها من ذراتها مهما استخدمنا لذلك من جهد كهربى فتسمى بالمواد العازلة أو غير الموصلة Insulators

ومن أمثلة المواد الموصلة المعادن والكربون (فحم المعوجات والجرافيت).

ومن أمثلة المواد العازلة الخشب والهواء الجاف الصينى والأقمشة والزجاج والمطاط والمواد الصمغية .

المواد النصف الموصلة

أشرنا إلى أن المواد بالنسبة للتوصيل الكهربى تنقسم إلى موصله وعازله ، والوقع أن درجة التوصيل تختلف من مادة إلى أخرى فليس هناك مواد تامة التوصيل وأخرى تامة العزل ، بل هناك مواد بين الدرجتين تسمى الأجسام النصف الموصلة تسمح للتيار بالمرور بدرجة متوسطة ، وهذه المواد هى التى نطلق عليها اسم أنصاف الموصلات مثل السيليكون والسيلينيوم والأنديوم والجرمانيوم ، وهى مواد لها شأن كبير إذ تلعب دوراً ضخما فى صناعة الترانزستور ، وسنسهب فى الحديث عنها فى الأبواب التالية .

مصادر التيار الكهربى

يمكن الحصول على التيار الكهربى من عدة مصادر مختلفة يمكن تقسيمها إلى أربعة أنواع رئيسية :

١ — مصادرمبنيه على التفاعلات الكيميائية وتشمل الأعمدة بأنواعها.

٢ — مصـادر مبنية على انتاج تيارات كهربية تأثيرية من قطع أسلاك لخطوط قوة مغنطسيه كما فى المولد (الدينامو) .

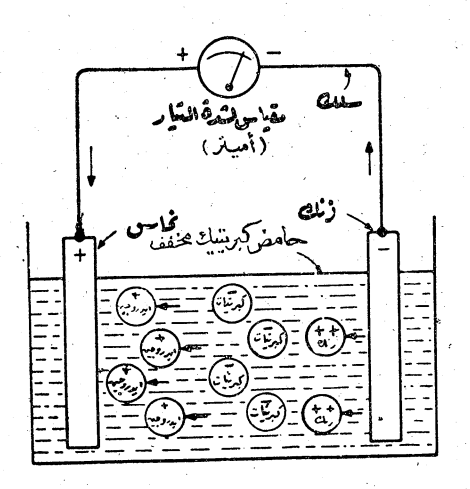
٣ — مصـادر مبنية على تحويل الطاقة الضوئية إلى تيار كهربى مثل الخلية الشمسية .

٤ — مصادر تحول الطاقة الذرية إلى تيار كهربى مثل الخلية الذرية .

وسنورد فى هـــذا الجزء معلومات مختصرة على كل نوع من الأنواع السابقة .

أولا : الأعمد الكهربية

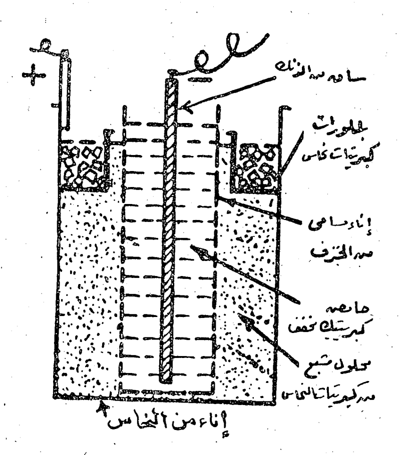
(ا) العمود البسيط : يتركب كما فى شكل (١) من لوحين أحدهما من النحاس والآخر من الخـارصين (الزنك أو التوتيا) ومغمورين فى إناء



شكل (١) رسم توضيحي للعمود البسيط

من الزجاج مملوء بحامض الكبريتيك المخفف (الحامض الذى يستعمل فى ملء بطاريات السيارات ويمكن الحصول عليه من توكيلات السيارات) . ويمثل لوح النحاس القطب الموجب ويمثل لوح الخارصين القطب السالب

لهذا العمود . وتبلغ القوة الدافعة الكهربية التى تنتج من هذا العمود حوالى ١,٢ فولت . ولهذا العمود عيوب أهمها تآكل لوح الخارصين إذا ترك مدة طويلة فى ملامسة الحامض دون الحصول على تيار كهربى من العمود هذا بالإضافة إلى ضعف التيار الذى ينتج من العمود عند استعماله مدة طويلة . وقد أمكن عمل بعض التعديلات فى هذا العمود بحيث تقلل من عيوبه وتجعله صالحاً للاستعمال لمدة طويلة دون أن يضعف ، مع المحافظة على مكوناته من التآكل عند عدم الاستعمال . ولعله من المفيد أن نذكر أن هناك عموداً بسيطاً محوراً من هذا العمود يستخدم مع بعض أجهزة الترانزستور الذى سوف يرد وصف تركيبه وصفاً مفصلا فى حينه .



شكل (٢) رسم توضيحي لعمود دانيال

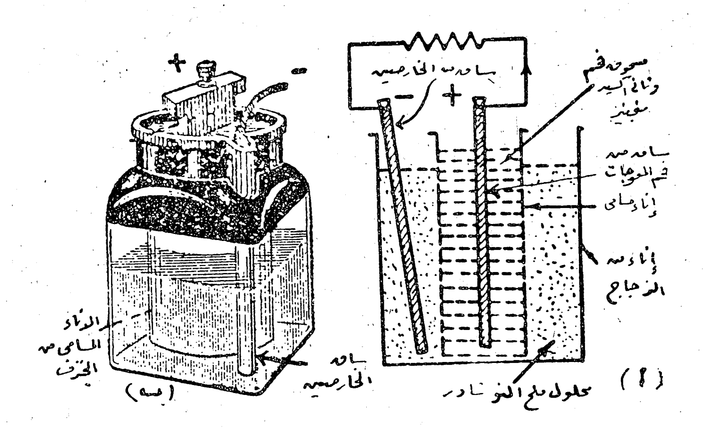
(ب) عمود دانيال : يتركب كما فى شكل (٢) من إناء نحاسى عميق يملأ بمحلول مشبع من كبريتات النحاس الزرقاء (تعرف عند العطار باسم التوتيا الزرقاء) ويوجد على الجدار الداخلى لهذا الإناء النحاسى رف توضع عليه كمية من بلورات كبريتات النحاس تكون ملامسة للمحلول على الدوام حتى يمكن الاحتفاظ بالمحلول مشبعاً طول مدة تشغيل العمود . ويوضع داخل الإناء النحاسى إناء مسامى من الخزف مملوء بحامض الكبريتيك المخفف ويغمر فى

الحامض ساق من الخارصين ويمثل الإناء النحاسى الخارجى القطب الموجب للعمود وتمثل الساق الخارصينية القطب السالب للعمود. والقوة الدافعة للعمود تساوى تقريباً وحدة الجهد وهى الفولت. ويستخدم هذا العمود بكميات كبيرة للحصول على التيار الكهربى اللازم للتليفونات بعد توصيل عدد ضخم من هذه الأعمدة توصيلا مناسباً. ولهذا العمود ميزات أهمها :

١ — أن قوته الدافعة ثابتة وتياره ثابت .

٢ — لا يحدث ضعف فى التيار الذى يخرج منه .

وله بعد ذلك عيوبه التى يصعب معها استخدامه فى الأجهزة المتنقلة وذلك لأن به سائلين يزيدان من صعوبة نقله واستعماله .

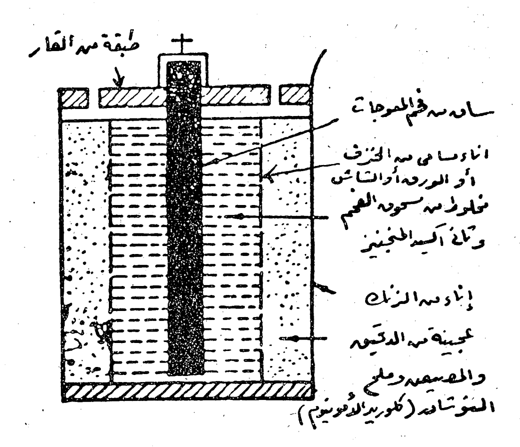


بيان تركيبه وتوصيله   منظر عام لعمود ليكلانشيه

شكل (٣) رسم توضيحي لعمود ليكلانشيه

(ح) عمود ليكلانشيه : ويتركب كما فى شكل (٣ أ ، ب) من إناء زجاجى مملوء بمحلول من ملح النوشادر (وهو مادة صلبة بيضاء يستخدمها « السمكرى » فى تنظيف كاوية اللحام ويستخدمها « مبيض النحاس » فى اختزال الحلل النحاسية قبل وضع القصدير عليها) ويوجد داخل هذا الإناء إناء آخر

من الخزف المسامى به ساق من فحم المعوجات وسط مخلوط من مسحوق الفحم وثانى أكسيد المنجنيز . ويمثل ساق الفحم القطب الموجب للعمود . وبداخل الإناء الزجاجى ومغمور فى المحلول أيضاً ساق من الخارصين تمثل القطب السالب للعمود . ويستعمل هذا العمود عادة فى الأرياف لدق الأجراس الكهربية وتشغيل التليفونات البعيدة عن المدن . وللعمود ميزات أهمها أن قوته الدافعة تبلغ ١,٥ فولت أى قدر القوة الدافعة لعمود دانيال مرة ونصف تقريباً . أما من ناحية عيوبه فإن التيار الكهربى الذى يخرج منه يضعف عند استعماله مدة طويلة .

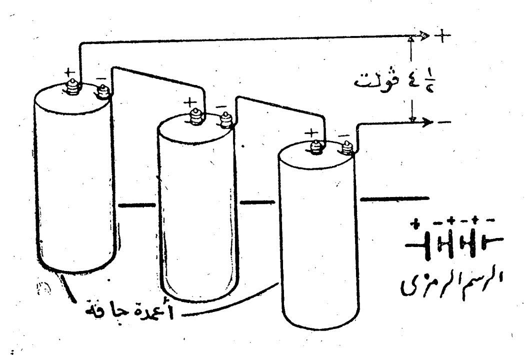


شكل (٤)

رسم توضيحي للعمود الجاف

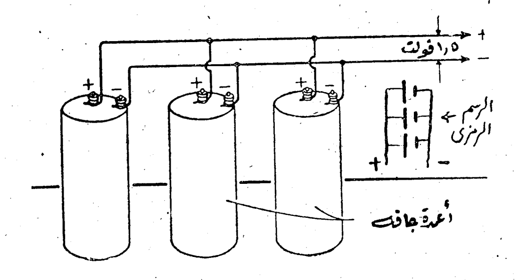
(د) العمود الجاف : يتركب كما فى شكل (٤) من إناء من الخارصين توضع بداخله عجينة من ملح النوشادر والدقيق والمصيص وذلك لكى تظل العجينة لينة ومسامية طول مدة عمل العمود وفى وسط العجينة يوضع إناء من مادة مسامية كالخزف أو الورق أو الشاش فى وسطها ساق من الكربون حوله مخلوط من مسحوق الفحم وثانى أكسيد المنجنيز ويمثل ساق الكربون القطب الموجب للعمود وإناء الخارصين يمثل القطب السالب له . ويلاحظ

أن هذا العمود هو تحوير لعمود ليكلانشيه ويمتاز عنه بصغر حجمه وخفة وزنه وعدم وجود سوائل به تعوق استعماله فى الأجهزة المتنقلة . وأما عيوبه فهى نفس عيوب عمود ليكلانشيه من حيث ضعف التيار الذى يخرج منه عند تشغيله مدة طويلة . وتستعمل الأعمدة الجافة فى إضاءة مصابيح الجيب وفى تشغيل أجهزة الاستقبال المتنقـــلة وفى بعض الساعات وأجهزة التسجيل المتنقلة .



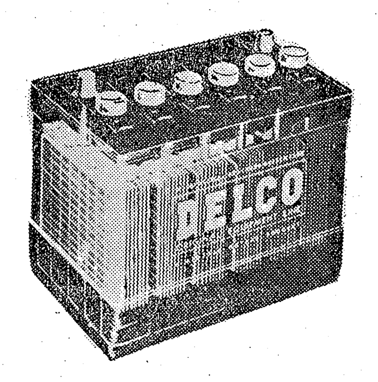
شـكل (٥ ا)
رسم يبين كيفية توصيل الأعمدة على التوالى

وتوصل الأعمدة للحصول على جهد كبير على (شكل ٥ ا) وتوصل على التوازى للحصول على تيار كبير شكل ٥ ب .



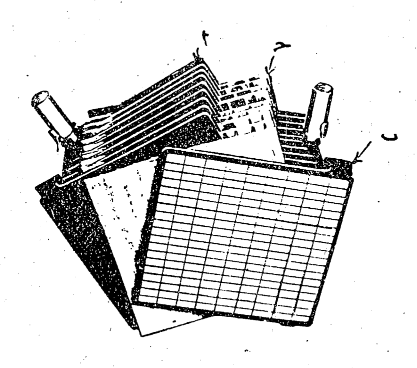
شـكل (٥ ب)
رسم يبين كيفية توصيل الأعمدة على التوازى

(ه) العمود الثانوى أو المركم : ويتركب كما فى شكل ٦ ا ، ب ، ج من مجموعة من ألواح الرصاص تمثل القطب السالب ومجموعة أخرى من ألواح الرصاص متبادلة الوضع مع المجموعة السابقة ومغطاة بطبقة من فوق أكسيد الرصاص البنى وتمثل القطب الموجب للمركم . وكلتا المجموعتين موضوعتان داخل إناء عازل مملوء بحامض الكبريتيك المخفف . وتستعمل الأعمدة الثانوية فى السيارات والطيارات وعربات السكك الحديدية والعجلات البخارية وفى



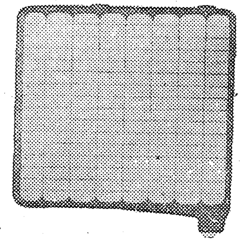
شكل (٦ ا)

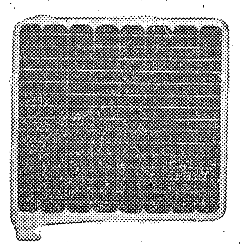
تشكل عام للبطارية المستخدمة فى السيارات وهى مكونة من ستة أعمدة ثانوية موصلة على التوالى تنتج ١٢ فولت



شكل (٦ ب)

ألواح المركم الداخلية المكونة للقطبين الموجب والسالب والعازل الموجود بينهما





شكل (٦ ج)

منظر أمامى لكل من أحد ألواح القطب الموجب وأحد ألواح القطب السالب .
اللوح الأسود من ألواح القطب الموجب ـ الرصاص المغطي بفوق أكسيد الرصاص ، واللوح الأبيض من ألواح القطب السالب رصاص أسفنجي .

أجهزة الإضاءة الشديدة الخاصة بالتصوير وفى بعض الولاعات الكهربية وأهم ميزاتها :

١ — كبر القوة الدافعة الكهربية لكل عمود منها إذ تبلغ فى المعتاد ٢,٢ فولت .

٢ — اختزانها لكميات كبيرة من التيار .

٣ — يمكن الحصول منها على تيارات كهربية كبيرة الشدة .

٤ — يمكن إعادة شحنها وتفريغها عدداً كبيراً من المرات دون أن تتلف وأما عيوبها :

١ — وجود الحامض بها يجعلها عرضة لإتلاف الثياب والأجهزة التى تستعمل فيها .

٢ — ثقيلة الوزن كبيرة الحجم غالباً ، مما يجعل استخدامها محدوداً فى الأجهزة التى تلزمها كميات كبيرة من التيار الكهربى خلال وقت قصير .

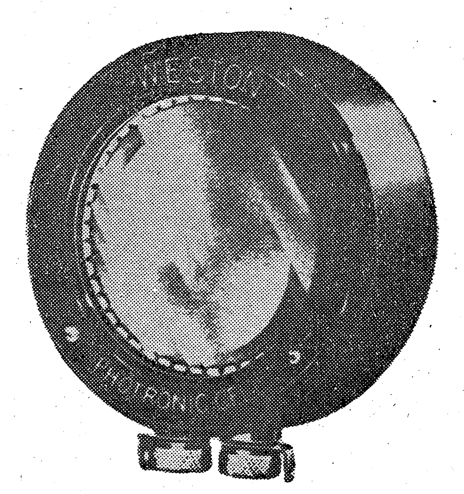
ثانياً : المولد (الدينامو)

يتركب من ملف من السلك النحاسى المعزول يمكن إدارته فى وسط قطبي مغناطيس قوى . ويمكن الحصول على التيار الذى ينتج فى الملف بدورانه بين قطبي المغناطيس بواسطة فرشتين تلامسان طرفى الملف . وهذا النوع ينتج عنه تيار يتغير فى شدته واتجاهه من لحظة إلى أخرى عدداً من المرات يختلف باختلاف سرعة الدوران . ويعرف هذا التيار بالتيار المتردد الذى سوف يأتى تفصيله فى جزء تال من هذا الكلام . ويمكن بواسطة بعض الترتيبات الميكانيكية الحصول من المولد على تيار ثابت فى شدته واتجاهه يماثل إلى حد كبير التيار الذى ينتج من الأعمدة والبطاريات التى سبق شرحها ويعرف بالتيار المستمر . وأبسط أنواع المولدات تستخدم فى الدراجات لتوليد التيار

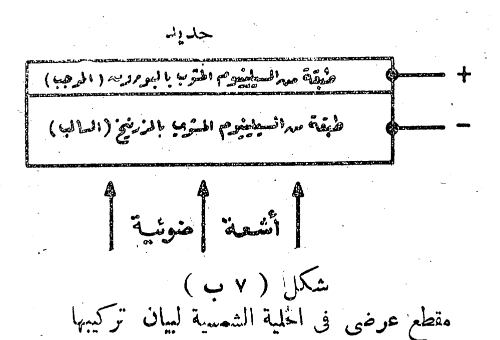
اللازم لإضاءة المصابيح المركبة فيها . ويستخدم كذلك النوع الذى ينتج التيار المستمر فى السيارات لشحن البطاريات الموجودة بها . وفى التليفونات الغير الأوتوماتيكية المستخدمة فى الأرياف يوجد بداخلها مولد كهربى صغير يستخدم لإحداث الاتصال بين المتكلمين . وفى محطات القوى الكهربية التى تقوم بتغذية منازلنا ومصانعنا بالتيار الكهربى توجد مولدات ضخمة مبنية على نفس الأساس السابق . وفى أجهزة الأرسال المتنقلة تستخدم مولدات مناسبة لها للحصـــول على التيار الكهربى الذى يلزم لتشغيل صماماتها الألكترونية ودوائرها الكهربية وتمتاز المولدات عن البطاريات فى أنها لا « تفرغ » بالاستعمال مهما طال الزمن . ولو أن أهم عيوبها كبر حجمها ووزنها واحتياجها إلى مصدر دائم للحركة .

ثالثاً : البطاريات الشمسية

وتتركب كما فى شكل ١٧ ، ب من مجموعة من وحدات صغيرة كل منها

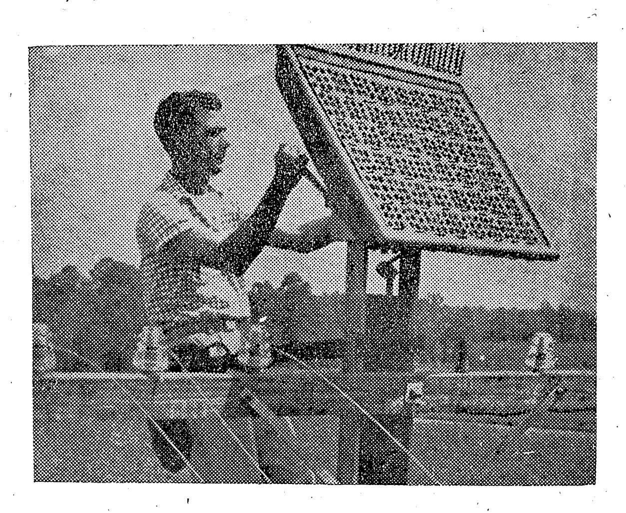


شكل (١٧)
منظر لأحدى الخلايا الشمسية



شكل (٧ ب)
مقطع عرضى فى الخلية الشمسية لبيان تركيبها

عبارة عن قطعة من الحديد قد رسبت عليها طبقة من السيلينيوم الموجب أى الذى أضيفت إليه كمية من عنصر البورون وترسب فوق هذه الطبقة طبقة أخرى من عنصر السيلينيوم السالب أى الذى قد أضيفت إليه كمية محدودة من عنصر الزرنيخ . وعند تعرض هذه الوحدة للضوء الشمسى تتكون فيها كمية من الشحنات الكهربية تسرى من لوح الحديد إلى الطبقة الخارجية وهى السيلينيوم السالب فيصبح الحديد موجبا والسيلينيوم السالب سالباً . وقد استعملت شركة بل للتليفونات ٤٣٢ وحدة من هذه الوحدات فى تغذية مجموعة من التليفونات المركبة فى الأرياف بالتيار الكهربى (شكل ٨) وقد

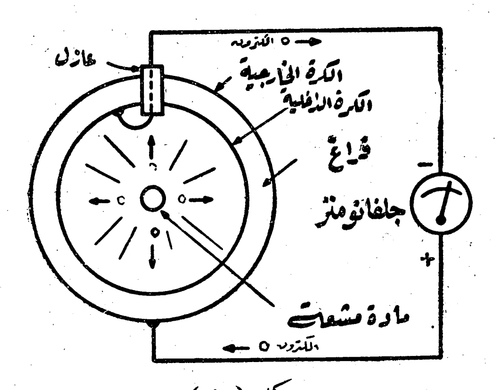


شكل (٨)
منظر للبطارية الشمسية المكونة من ٤٣٢ خلية والمستخدمة فى تزويد مجموعة خطوط تليفونية بالتيار الكهربى

ولدت هذه الوحدات ١٠ واط وهى كمية كبيرة بالنسبة لما أريد استعماله وأمكن اختزان الطاقة الكهربية الفائضة فى بطاريات مناسبة يمكن الحصول منها على التيار الكهربى أثناء الليل .

رابعاً : البطاريات الذرية

تتركب كل وحدة كما فى شكل (٩) من كرتين معدنيتين مجوفتين إحداهما داخل الأخرى والفراغ الموجود بينهما قد أخلى تماما من الهواء . ويوضع فى المركز المشترك للكرتين كمية من بعض المركبات المشعة التى تطلق



شكل (٩)

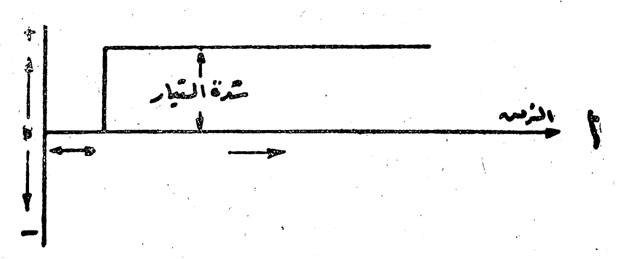
مقطع طولى فى الخلية الذرية وطريقة الحصول منها على التيار الألكتروني

ألكتروناتها إلى السطح الداخلى للكرة الداخلية فتتجمع عليها وتسبب تكون شحنة كهربية سالبة تؤثر فى الكرة الخارجية وتكون شحنة أخرى موجبة ويمكن الحصول منها على كميات كهربية صغيرة ولكن برغم هذه الكميات الصغيرة فقد وجد أنه يمكن تشغيل مثل هذه البطاريات زمناً طويلا قد يصل إلى بضع مئات من السنين دون أن « تفرغ » .

أنواع التيارات الكهربية

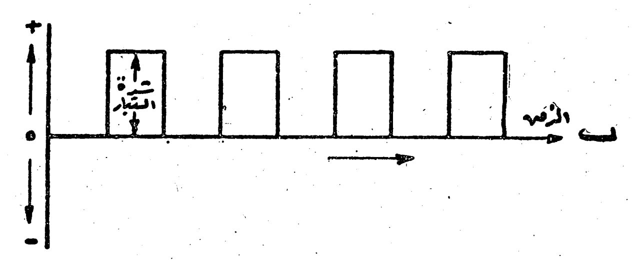
أولا — التيار المستمر : إذا أخذنا التيار من عمود بسيط (مصدر للتيار

المستمر) وأمر فى دائرة كهربية فإن التيار يبلغ نهـايته العظمى فجأة ويستمر (فى المعتاد) محافظا على هذه النهاية ، ثم إذا قطع التيار تهبط قيمته إلى الصفر فجأة ويمثله الرسم البيانى المبين بشكل (١٠ ا) وهو يدل على العلاقة بين التيار والزمن .



شكل (١٠ ا)
المنحنى البيانى الذى يدل على العلاقة بين الزمن وشدة التيار المستمر

ثانياً — التيار المتقطع : إذا سار التيار فى دائرة كهربية واستمر ثابتا لفترة ثم قطع ، أى وصل للصفر فجأة ، وبعد فترة أعيد امراره لفترة أخرى ثم قطع وهكذا فإن مثل هذا التيار يسمى بالتيار المتقطع . ويمكن تمثيل هذا التيار بالرسم البيانى التالى الذى يبين العلاقة بين شدة التيار والزمن شكل (١٠ ب).

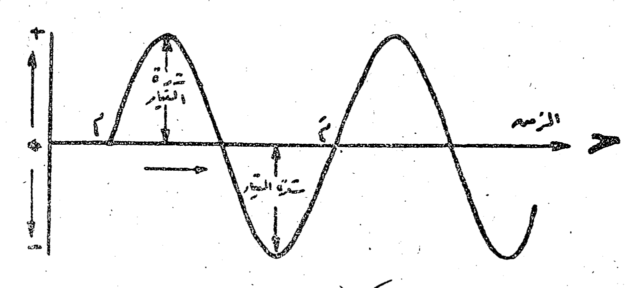


شكل (١٠ ب)
المنحنى البيانى الذى يدل على العلاقة بين الزمن وشدة التيار المتقطع

ثالثاً — التيار المتردد[1]: وفيه تزداد شدة التيار مع الزمن بالتدريج

(١) التعبير المستخدم والدارج فى الـكتب على لسان المشتغلين بدراسة الـكهربية هو تعبير « التيار المتردد » وإن كان من المستحسن تسميته بالتيار المتناروب فدلالة هـذه التسمية أقرب إلى الدقة ، ولو أننا سنستخدم تعبير التيار المتردد لأنه هو التعبير الدارج .

حتى تبلغ نهـاية عظمى تقل بعدها بالتدريج حتى الصفر وبعدها تزيد بالتدريج أيضاً ولـكن فى الاتجاه المضاد حتى تصل إلى نهاية عظمى تعود بعدها بالتدريج إلى الصفر وتستمر شدة التيار فى التغير بهذا النظام ويمكن تمثيل مثل هذا التيار بالرسم البيانى التالى وهو يوضح العلاقة بين شـــدة التيار والزمن شكل (١٠ حـ) .



شكل (١٠ حـ)

المنحنى البيانى الذى يدل على العلاقة بين الزمن وشدة التيار المتردد

خواص التيار الـكهربى

للتيار الـكهربى ثلاث خواص :

١ — القوة الدافعة الـكهربية : ويرمز لها بالحروف ق.د.ك وهى القوة التى تسبب دفع التيار الـكهربى داخل الأسلاك ووحدتها هى الفولت وهو يساوى تقريباً القوة التى تنشأ من عمود واحد من أعمدة دانيال . ومما تجدر الإشارة إليه أن القوة الدافعة للعمود الجاف المستخدم فى إضاءة مصابيح الجيب = ١½ فولت تقريبا والقوة الدافعة للتيار المستخدم فى المنازل إما ١١٠ أو ٢٢٠ فولت .

٢ — شدة التيار : ويرمز لها بالرمز (ت) . ينتج من القوة الدافعة الـكهربية أن يسير التيار الـكهربى فى الدائرة الـكهربية ، والسرعة التى يسير بها يعبر عنها بشدة التيار ووحدتهـا (الأمبير) وهو ذلك التيار الذى إذا مر فى جزء طوله ١ سم من سلك منحن على شكل دائرة نصف قطرها ١ سم لأنتج

مجالا مغناطيسيا فى مركز هذه الدائرة شدته الوحدة . وتتراوح شدة التيار الكهربى الذى يمر فى أسلاك المنزل عند إضاءة كل المصابيح الموجودة فيه بين ٥ ، ١٠ أمبير .

٣ — المقاومة : هناك علاقة بين القوة الدافعة الكهربية وشدة التيار الناتجة منها بحيث يكون بينهما تناسب طردى ، أى أنه لو زادت القوة الدافعة الكهربية إلى الضعف زادت تبعاً لذلك شدة التيار إلى الضعف .

والنسبة[1] الثابتة بين القوة الدافعة الكهربية أو فرق الجهد وبين شدة التيار تتوقف على طبيعة الموصل الذى يمر فيه التيار وتسمى المقاومة . ووحدتها الأوم وهى المقاومة الناشئة عن مرور تيار قوته الدافعة فولت واحد وشدته أمبير واحد . والوحدات المستخدمة فى شدة التيار والقوة الدافعة الكهربية والمقاومة وهى الأمبير والفولت والأوم لها أجزاء ومضاعفات تستخدم فى الأعمال الكهربية المستخدمة فى أجهزة الإرسال والاستقبال اللاسلكية والجدول الآتى يبين بعض المصطلحات التى تضاف إلى أسماء الوحدات .

الميكرو = $\frac{١}{١٠٠٠٫٠٠٠}$ ويرمز له بالرمز m

المللى = $\frac{١}{١٠٠٠}$ ويرمز له بالرمز m

الكيلو = ١٠٠٠ ويرمز بالرمز K

الميجا = ١٠٠٠٠٠٠ ويرمز له بالرمز M

فمثلا الميكروفولت يساوى $\frac{١}{١٠٠٠٫٠٠٠}$ من الفولت

والميج أوم يساوى ١٠٠٠٠٠٠ أوم

---

(١) تعرف هذه العلامة بقانون أوم ($\frac{ق}{ت}$ = م)

وعلى ذلك فهناك مليون ميكرو فولت فى الفولت الواحد وهناك ١,٠٠٠٠٠ ميج أوم فى الأوم .

التردد أو عدد الذبذبات فى الثانية

لقد عرفنا أن التيار المتردد يمر بمراحل متغيرة فى شدته مع تغير الزمن ويحدث هذا التغير فى شدة التيار أثناء مروره فى اتجاه ثم ينعكس اتجاهه ويمر بنفس المراحل السابقة من زيادة تدريجية ثم نقصان تدريجى . وعند ما يحدث هذا التغير فى الاتجاهين المتضادين يقال إن التيار الكهربى قد حدثت فيه موجة كاملة او ذبذبة أو دورة كاملة م مَ شكل(١٠ حـ) وقد يحدث فى التيار الكهربى عدة ذبذبات أو اهتزازات أو دورات كاملة فى الثانية وهى تسمى التردد وقد تصل إلى عدة بلايين ويسمى التيار فى هذه الحالة تيار عالى التردد (H. F.) كما فى بعض الموجات اللاسلكية ، فى حين أنه قد يبلغ بضع دورات فى الثانية كما فى التيار المتردد الذى نستخدمه فى إضاءة منازلنا (من ٤٠ — ٦٠ ذبذبة فى الثانية) .

وتسمى الترددات بين ٣٠ ، ٣٠٠٠٠ ذبذبة فى الثانية بالترددات المسموعة لأن الترددات المناظرة لها فى الصوت تؤثر فى الأذن . ويرمز للترددات المسموعة بالرمز Audio Frequency (A. F.) والتيارات الكهربية التى يبلغ ترددها هذا العدد من الاهتزازات فى الثانية تغذى السماعات أو مضخمات الصوت لكى تهتز وتنتج الأصوات المسموعة .

والترددات بين ٣٠٠٠٠ ، ١٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ (عشرة بلايين ذبذبة فى الثانية) تسمى بالترددات اللاسلكية Radio Frequency ويرمز لها بالرمز (R. E.) . وعدد الاهتزازات التى يصنعها التيار المتردد من هذا النوع كبيرة جداً ، ولذا فبدلا من استخدام وحدة (الذبذبة فى الثانية) لتمييز هذا التردد ،

فقد اختيرت وحدة أكبر لتمييز هذه الترددات العالية وهى وحدة (الكيلو سيكل) وتساوى ١٠٠٠ ذبذبة فى الثانية ويرمز لها بالرمز (K. C.) وهناك وحدة أخرى أكبر من السابقة وهى (الميجا سيكل) وتساوى ١٠٠٠٠٠٠ (مليون) ذبذبة فى الثانية M. C. . وقد قسمت الترددات التى تستخدم فى الأعمال اللاسلكية إلى سبعة أقسام وهى :

١ — من ١٠ — ٣٠ كيلو سيكل ويسمى بالتردد المنخفض جداً ويرمز له بالرمز v. l. f. .

٢ — من ٣٠ — ٣٠٠ كيلو سيكل ويسمى بالتردد المنخفض ويرمز له بالرمز l. f. .

٣ — من ٣٠٠ — ٣٠٠٠ كيلو سيكل ويسمى بالتردد المتوسط ويرمز له بالرمز m. f. .

٤ — من ٣ - ٣٠ ميجا سيكل ويسمى التردد العالى ويرمز له بالرمز h. f.

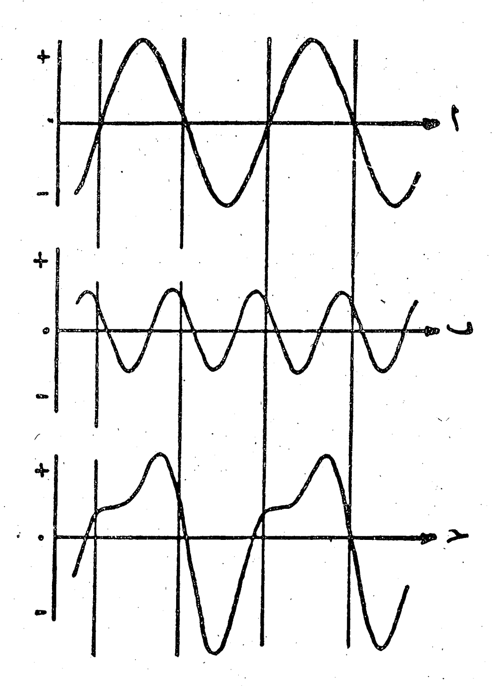
٥ — من ٣٠ - ٣٠٠ ميجا سيكل ويسمى التردد العالى جداً ويرمز له بالرمز v. h. f.

٦ — من ٣٠٠ - ٣٠٠٠ ميجا سيكل ويسمى التردد العالى (الترا) ويرمز له بالرمز u. h. f.

٧ — من ٣٠٠٠ - ٣٠٠٠٠ ميجا سيكل ويسمى التردد العالى (سوبر) ويرمز له بالرمز s. h. f.

<u>الموجات الكهربية البسيطة والموجات المركبة :</u> إذا كان التيار الكهربى يتبع موجات ذات تردد ثابت معين فتعتبر هذه الموجات بسيطه ، ولكن يمكن أحيانا اصدار أكثر من موجه فى آن واحد ، فإذا كانت هناك موجتان مثلا غير متناسقتين لكانت النتيجة موجة غير منتظمة ، أما إذا كانت إحدى الموجتين مساوية (أو ضعف أو ثلاثة أمثال الأخرى) فى التردد

لتنتج منهما موجة متناسقة تسمى الموجة المركبة . ويبين شكل (١١ ا ، ب ، حـ)



شكل (١١ ا) رسم بيانى لموجة ذات تردد معين
شكل (١١ ب) رسم بيانى لموجة ذات تردد ضعف الأول
شكل (١١ حـ) رسم بيانى للموجة المركبة منها

موجة مركبة من موجتين الأولى منخفضة التردد وتسمى الموجة الأساسية والأخرى ترددها ضعف تردد الأولى (يمكن أن يكون ثلاثة أو أربعة أو خمسة أمثال . . . الخ) وتسمى بالموجة التوافقية الثانية (أو الثالثة أو الرابعة أو الخامسة . . . الخ) . ويمكن الحصول على موجة مركبة أكثر تعقيداً باستخدام موجة أساسية ومجموعة من الموجات التوافقية المصاحبة لها .

طول الموجة : إذا فرضنا وجود مصدر للتيار المتردد يصنع عدداً من

الترددات قدره (ت) ذبذبة فى الثانية ، فبعد ثانية واحدة تكون الموجات قد قطعت مسافة معينة قدرها (ع) وهذه المسافة تعرف بسرعة الموجات . وتشغل هذه المسافة (ت) من الذبذبات فتكون كل موجة قد شغلت مسافة قدرها $(\frac{ع}{ت})$ ويسمى هذا المقدار بطول الموجة . فإذا عرفنا أن الموجات اللاسلكية تسير بسرعة الضوء أى ٣٠٠٠٠٠ كيلو متر فى الثانية (حوالى ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية) ، فيكون طول الموجة اللاسلكية يساوى

$\frac{٣٠٠,٠٠٠,٠٠٠}{التردد}$ متر والتردد = $\frac{٣٠٠,٠٠٠,٠٠٠}{طول الموجة بالمتر}$ ذبذبة فى الثانية .

ومن هاتين العلاقتين يمكن حساب طول الموجة اللاسلكية عند معرفة ترددها أو حساب تردد الموجة اللاسلكية عند معرفة طولها .

مثال : تذيع محطة صوت العرب فى القاهرة على موجة طولها ٣٠ م فما هو ترددها ؟

التردد = $\frac{٣٠٠,٠٠٠,٠٠٠}{٣٠}$ = ١٠,٠٠٠,٠٠٠ ذبذبة فى الثانية .

= ١٠٠٠٠ كيلو سيكل فى الثانية = ١٠ ميجا سيكل فى الثانية .

أثر الحرارة فى المقاومات

إن المقاومات تختلف فى أشكالها وحجومها حسب استعمالاتها ، ويسبب مرور التيار الكهربى فى المادة المصنوعة منها المقاومة ارتفاعا فى درجة حرارتها وكلما زاد مقدار المقاومة كلما زاد الارتفاع فى درجة الحرارة وتزداد كذلك كمية الحرارة التى تنطلق من المقاومة . والمقاومات المستعملة فى مرور التيارات الكبيرة يجب أن تكون كبيرة الحجم حتى يمكنها أن تشع الحرارة التى تنطلق منهـــا إلى الهواء الخارجى المحيط بها بسرعة ، حيث

أن المقاومه إذا لم تتخلص من الحرارة التى تنتج فيها بالسرعة الكافية فقد ترتفع درجة حرارتها إلى الدرجة التى تحترق فيها أو تنصهر عندها . والواقع أن تأثير تغير الحرارة على الدوائر من حيث مقاومتها ، له شأن كبير فى سلامة وحسن أداء الأجهزة اللاسلكية للوظائف المطلوبة منها ، لذلك فقد وجهت الأبحاث إلى تلافى تأثير تغير الحرارة على هذه الدوائر الكهربية بتصميم أجزاء منظمة للحرارة ستأتى الإشارة إليها فى موضعها .

التأثير السطحى للموصلات

وثمة ظاهرة تجدر الإشارة إليها بمناسبة الحديث عن المقاومة ، إنه من الملاحظ — أن التيار — المستمر إذا مر فى سلك فإنه يعانى مقاومة تتوقف على مساحة المقطع وطول السلك ونوعه . أما إذا كان التيار متردداً فتوجد عدة عوامل داخلية تعمل على إجبار التيار على المرور فى الأجزاء الخارجية السطحية لمادة السلك ، وهذه القوة تقلل من أثر مساحة مقطع الموصل وبذلك تزداد المقاومة . وفى حالة التيارات ذات التردد المنخفض تكون الزيادة فى مقاومة الموصل بالنسبة لها صغيرة وغير مهمة ، أما فى حالة التيارات ذات التردد العالى فإن هذا التأثير السطحى يجعل التيار يكاد يمر معظمه فى سمك سطحى صغير من مادة الموصل يصل إلى جزء من الـ ١٠٠٠ من البوصة . وبذلك تزداد مقاومة الموصل لهذا النوع من أنواع التيار زيادة كبيرة وتصبح مقاومة الموصل لهذا التيار أكبر بعدة مرات من مقاومته بالنسبة للتيار المستمر وتزداد هـذه المقاومة كلما زاد تردد التيار المار فى الموصل . وعلى ذلك فإنه إذا استخدمنا موصلين أحدهما أجوف والآخر مصمت ولهما مقطعان متساويان فى المساحة لتوصيل تيار ذى تردد عال فإن مقاومتيهما تكونان متساويتين لأنه فى الموصل المصمت لن يمر تيار بوسطه وفى الحالتين يمر التيار فى قشرة رقيقة على السطح .

التوصيـــل

التوصيل اصطلاح علمى يمثل مقلوب المقاومة ويساوى عدديا خارج قسمة (١ واحد صحيح) على المقاومة ، والدائرة ذات التوصيل الكبير تكون ذات مقاومة صغيرة ، والعكس صحيح . ويستخدم التوصيل فى دراسة خصائص الصمامات الألكترونية . ووحدة التوصيل هى المهو * .

والموصل الذى تكون مقاومته ١٠٠٠ أوم يكون توصيله $= \frac{١}{١٠٠٠}$ أو ٠٠١, مهو . وهناك وحدة صغيرة يمكن استخدامها مع الصمامات وهى (الميكرومهو وهو يساوى جزء من مليون من المهو) .

توصيل المقاومات

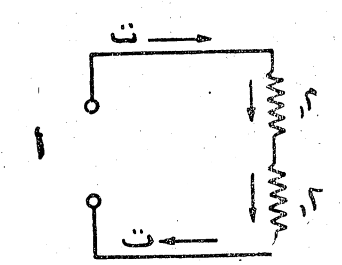
فى كافة التوصيلات اللاسلكية نحتاج إلى مقاومات ذات مقادير معينة فتجدر الإشارة إلى طريقة حساب المقاومات عند توصيلها بالطرق المبينة .

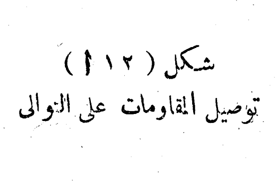
ويمكن توصيل المقاومات بإحدى طريقتين رئيسيتين :

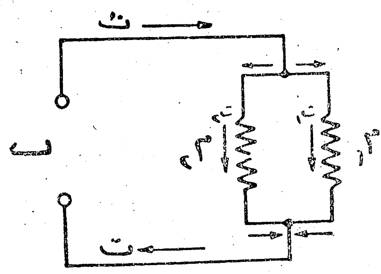
١ — التوصيل على التوالى : والدائرة المبينة بالرسم شكل (١٢ ا) تمثل كيفية توصيل مقاومتين على التوالى بمصدر للتيار المستمر . وفى مثل هذه هذه الدائرة يبدأ التيار من القطب الموجب للبطارية فيمر فى المقاومة الأولى (المشار إليها على الرسم بالرمز $م_١$) ثم يمر فى المقاومة الثانية ($م_٢$) ثم يرجع إلى القطب السالب للبطارية . فإذا اجتمعت عدة مقاومات موصلة على

---

* فكر العلماء فى اتخاذ هذه الوحدة بناء على أن التوصيل عكس المقاومة ، والمقاومة وحداتها الأوم OHM فتصبح وحدة التوصبل (مقلوب المقاومة) MHO (مهو) وهي مقلوب كلمة OHM .




شكل (١٢ أ)
توصيل المقاومات على التوالى



شكل (١٢ ب)
توصيل المقاومات على التوازى

التوالى فإن التيار يمر فى المقاومة الأولى ثم يمر فى الثانية ثم الثالثة وهكذا مبتدئا من القطب الموجب للبطارية ومنتهياً عند القطب السالب للبطارية وهى مصدر التيار المستمر المستخدم فى الدائرة . وتكون المقاومه الكلية لهـــذه المقاومات مساوية لمجموع هذه المقاومات ويمكن تمثيل ذلك بمعادلة بسيطة .

م (المقاومة الكلية) = $م_{١}$ (المقاومة الأولى) + $م_{٢}$ + $م_{٣}$ + ...

مثال : إذا وصلت المقاومات ٥٠٠٠ ، ٢٠٠٠٠ ، ٨٠٠٠ أوم على التوالى بمصدر للتيار المستمر قوته الدافعة الكهربية = ٢٥٠ فولت فما هى شدة التيار المار فيها .

المقاومة الكلية فى الدائرة = ٥٠٠٠ + ٢٠٠٠٠ + ٨٠٠٠ = ٣٣٠٠٠ أوم

شدة التيار حسب قانون أوم = $\frac{\text{فرق الجهد}}{\text{المقاومة الكلية}} = \frac{٢٥٠}{٣٣٠٠٠}$

= ٠,٠٠٧٥٧ أمبير = ٧,٥٧ مللى أمبير

وينتج عند توصيل عدة مقاومات على التوالى بمصدر للتيار أن يوزع

فرق الجهد بين طرفى المصدر على أطراف المقاومات . ويتكون عند طرفى كل مقاومة فرق فى الجهد يسمى الانخفاض أو هبوط الجهد . Voltage drop بحيث يكون مجموع فروق الجهد بين أطراف المقاومات مساويا لفرق الجهد بين طرفى مصدر التيار الكهربى . ويمكن إيجاد هبوط الجهد أو فرق الجهد بين طرفى أى مقاومة من مجموعة المقاومات الموصلة على التوالى باستخدام قانون أوم الذى سبق شرحه . وفى المثال الذى سبق ذكره يمكن إيجاد فرق الجهد بين طرفى كل مقاومة حسب المعادلات الآتية :

$ج_١ = ت \times م_١ = ٠٫٠٠٧٥٧ \times ٥٠٠٠ = ٣٧٫٩$ فولت

$ج_٢ = ت \times م_٢ = ٠٫٠٠٧٥٧ \times ٢٠٠٠٠ = ١٥١٫٤$ فولت

$ج_٣ = ت \times م_٣ = ٠٫٠٠٧٥٧ \times ٨٠٠٠ = ٦٠٫٦$ فولت

ومجموع هذه الفروق فى الجهد $= ٣٧٫٩ + ١٥١٫٤ + ٦٠٫٦ = ٢٤٩٫٩$ فولت وهو مقدار قريب جدا من فرق الجهد بين طرفى مصدر التيار (٢٥٠ فولت) وذلك لأننا قمنا بعمليات تقريب فى قيم الجهود المختلفة .

٢ — <u>توصيل المقاومات على التوازى</u> : كما هو مبين بالرسم شكل (١٢ ب) وفيه يبدأ التيار من القطب الموجب للبطاريه (مصدر التيار المستمر) ثم يصل إلى النقطة المشتركة بين المقاومتين ثم ينقسم إلى قسمين جزء منه يمر فى المقاومة الأولى ($م_١$) والجزء الآخر يمر فى المقاومة الثانية ($م_٢$) ثم يتجمع التيار مرة أخرى عند النهاية المشتركة بين المقاومتين ثم يمر إلى القطب السالب للبطارية .

وفى هذه الحالة تكون المقاومة الكلية لمجموعة المقاومات أقل من أصغر مقاومة فيها . وذلك لأن التيار الكلى يكون دائما أكبر من التيار الذى يمر فى أى مقاومة من هذه المقاومات .

والقانون الذى يستخدم لإيجاد المقاومة الكلية (م) لمجموعه مقاومات موصلة على التوازى هو : —

$$\frac{١}{م} = \frac{١}{م_١} + \frac{١}{م_٢} + \frac{١}{م_٣} + \cdots$$

وإذا كانت هناك مقاومتان فقط موصلتين على التوازى فإن المقاومة الكلية لهما : —

$$م\,(\text{الكلية}) = \frac{م_١ \times م_٢}{م_١ + م_٢}$$

$$\text{المقاومة الكلية} = \frac{\text{المقاومة الأولى} \times \text{المقاومة الثانية}}{\text{المقاومة الاولى} + \text{المقاومة الثانية}}$$

مثال : ما هى المقاومة الكلية لمقاومتين قدرهما ٥٠٠ ، ١٢٠٠ أوم موصلتين على التوازى .

$$\text{المقاومة الكلية} = \frac{٥٠٠ \times ١٢٠٠}{٥٠٠ + ١٢٠٠} = \frac{٦٠٠٠٠٠}{١٧٠٠} = ٣٥٣ \text{ أوم تقريبا}$$

القدرة Power

قدرة التيار الكهربى = شدة التيار × فرق الجهد

وتحسب شدة التيار بالأمبير وفرق الجهد بالفولت فتكون القدرة بالواط والواط (Watt) هو وحدة القدرة الكهربية

وهناك وحدات أكبر ووحدات أصغر من الواط ومنسوبة إليه وهى :

الكيلو واط = ١٠٠٠ واط .

$$\text{المللى واط} = \frac{١}{١٠٠٠} \text{ واط .}$$

مثال : إذا كانت شدة التيار التى تمر فى مصباح صغير للجيب = ٣, أمبير ويلزم لاضاءته بطارية قوتها الدافعة الكهربيه ٦ فولت فما القدرة الكهربية لهذا المصباح ؟

القدرة الكهربيه للمصباح = ٣, × ٦ = ١,٨ واط

مثال آخر : ما هى شدة التيار اللازم مرورها فى مصباح كهربى قدرته ١٠٠ واط إذا كان فرق الجهد اللازم بين طرفية هو ٢٥٠ فولت .

$$\text{شدة التيار} = \frac{\text{القدرة}}{\text{فرق الجهد}}$$

$$\text{شدة التيار المار فى المصباح} = \frac{100}{250} = 0{,}4 \text{ أمبير .}$$

وفى بعض الأحيان يمكن إدخال المقاومة فى حساب القدرة ، فحيث أننا نعلم من قانون أوم أن الجهد = شدة التيار × المقاومة .

فتكون القدرة = مربع شدة التيار × المقاومة .

مثال : إذا كانت مقاومة مصباح كهربى للتيار هى ٤٠٠ أوم وكانت شدة التيار التى تمر فيه هى ½ أمبير فما قدرة هذا المصباح ؟

$$\text{قدرة المصباح} = 400 \times \tfrac{1}{2} \times \tfrac{1}{2} = 100 \text{ واط .}$$

وفى حالات أخرى يمكن إدخال المقاومة فى حساب القدرة بطريقة اخرى ، فحيث أننا نعلم أن شدة التيار = $\frac{\text{فرق الجهد}}{\text{المقاومة}}$

$$\therefore \text{القدرة} = \frac{\text{مربع فرق الجهد}}{\text{المقاومة}}$$

مثال : إذا كان فرق الجهد اللازم توصيله بين طرفى مصباح كهربى هو ٢٠٠ فولت ، وكانت مقاومة السلك الموجود به هى ٤٠٠ أوم فاحسب قدرة هذا المصباح .

$$\text{قدرة المصباح} = \frac{٢٠٠ \times ٢٠٠}{٤٠٠} = ١٠٠ \text{ واط}$$

والقدرة الكهربية التى تمر فى المقاومات تتحول إلى حرارة ، وكلما زادت القدرة المارة فى المقاومة زادت بسرعة كمية الحرارة الناتجة عنها ولذلك فإن صانعى المقاومات يدخلون فى حسابهم هذه الحقيقة عند تصميمها وصنعها والمقاومات المستخدمة فى أجهزة الراديو تختلف فى أحجامها إختلافا كبيرا وذلك بأختلاف القدرة الكهربية التى يلزم إمرارها فى هذه المقاومات . وأصغر المقاومات المستعملة فى أجهزة الراديو يمكنها أن تتحمل قدرة كهربية تساوى $\frac{1}{8}$ واط ، وأكبرها يمكنها تحمل قدرة كهربية تساوى ١٠٠ واط .

الطاقـــه ENERGY

تقوم شركات الكهرباء بحساب الطاقة التى نستهلكها فى منازلنا ولكنها لا تحسب القدرة الكهربية (وهى مقدار الشغل المبذول بواسطة التيار الكهربى فى الثانية) . ونحن ندفع ثمن جميع الشغل الذى تقوم به الكهرباء وننتفع به أثناء كل الوقت الذى نستعمل فيه الكهرباء .

والطاقة الكهربية (وهى إمكان عمل شغل بواسطة الكهرباء)
تساوى حاصل ضرب القدرة الكهربية × الزمن .

والوحدة المستخدمه لقياس الطاقة الكهربية هى الواط/ساعة *

(*) هناك وحدة أكبر للطاقة الكهربية وهى الكيلو واط ساعة = ١٠٠٠ واط ساعة وهى المستعملة فى المصانع والمنازل والمحال التجارية .

وهى تساوى قدرة كهربية قدرها (واط) عندما نستهلكها خلال زمن قدره ساعة . ولتقريب العلاقة بين الطاقة والقدرة سوف نمثل خزان المياه الذى يوجد فوق سطوح منازلنا أو الخزان العام الذى يوجد فى وسط بلدنا بأنه مخزن للطاقة . وسعة هذا الخزان تمثل مقدار الطاقة التى يمكن توزيعها على المنازل المختلفة لإستهلاكها خلال زمن معين .

ولنفرض أن هناك صنبورين متساويين فى فتحتهما أحدهما أعلى المنزل والآخر فى الدور السفلى فيه . فعند فتح صنبور الماء فى الدور السفلى فسوف يندفع الماء بقوة ويمكن ملء دلو ذى حجم خاص بسرعة . أما عند فتح صنبور الدور العلوى فإن الماء يندفع ببطء مما يجعل نفس الدلو يمتلىء فى مدة أطول .

ولو فرضنا وجود صنبورين فى دور واحد أحدهما له فتحة متسعة والآخر له فتحة ضيقة . فعند فتح الصنبورين يمتلىء الدلو فى زمن أسرع من الأولى وحدها أو الثانية وحدها والعامل الأول الذى سبب اندفاع الماء فى صنبور الدور السفلى بقوة واندفاعه فى صنبور الدور العلوى ببطء هو عامل الضغط الذى ينتج عن الفرق بين إرتفاع الماء فى الخزان ومكان الصنبور فالضغط فى الأولى أكبر منه فى الثانيه . هذا الضغط المائى يمثل الجهد الكهربى تماما أما العامل الثانى الذى سبب إندفاع الماء فى الصنبور المتسع بكمية أكبر من إندفاعه خلال الصنبور الضيق هو إتساع فتحة الأول وضيق فتحه الثانى . هذا العامل يمثل شدة التيار الكهربى .

إذن فقدرة الصنبور على أخراج الماء يتوقف على العاملين ويساوى حاصل ضربهما وهما ضغط الماء على الصنبور وشدة التيار المائى الخارج منه وليست هناك وحدة خاصة لحساب قدرة الصنابير المختلفة .

ولكن يلاحظ مثلا أن الصنبور الذى يركب فى حديقة المنزل ذو فتحة متسعة لكى يستطيع أن يخرج من الماء كمية تكفى لرى الحديقة فى زمن وجيز

فى حين أن الصنابير الداخليه للمنزل من النوع ذى الفوهة الضيقة لعدم الحاجة إلى كميات ضخمة من الماء فى آزمنة وجيزه .

تعريف عام بالمقاومة

لاتتحول كل القدرة الكهربيه التى تمر فى مختلف الدوائر إلى حرارة ، فمثلا فى حالة المحرك (الموتور) يتحول جزء كبير من القدرة الكهربيه التى تدخله إلى قدرة ميكانيكية ويتحول الجزء الباقى منها إلى حرارة ، وكذلك فى حالة أجهزة الأستقبال تتحول القدرة الكهربية إلى قدرة صوتية وذلك عند تشغيل مضخم الصوت . وفى كل الحالات التى توصل فيها القدرة الكهربية بالدوائر المختلفة فإنها تستهلك جميعا ولا يمكن استرجاعها . ولكى يقوم الجهاز الموصل بالقدرة الكهربيه بعملة خير قيام فلابد من أن تكون هناك نسبة محددة بين الجهد اللازم وشدة التيار المار فى الدائرة وهى النسبة التى سميناها بالمقاومة حسب قانون أوم . أى أن كل دائرة كهربية لها مقاومة معينة تكافئها . وتقوم هذه الدوائر كما تقوم المقاومات المكافئة لها بأمتصاص القدرة الكهربية التى توصل بها . ومادام الأمر كذلك فإن كل قطعة من قطع الأجهزة الألكترونية يمكن إستبدالها بمقاومة مكافئة لها بحيث يمكن دراسة التيار الذى يمكن أن يمر فى قطعةمعينةفىدائرة كهربيةوذلك بوضع المقاومة التى تكافئها بدلا منها .

الكفاءة Effeciency

عندما يستخدم التيار الكهربى فى بعض الأجهزة مثل الصمامات أو المحركات فإن القدرة الكهربية الداخلة إليها لا ينتج عنها ، بعد مرورها فى مراحل الجهاز المختلفة ،قدرة نافعة تساوى القدرة الداخلة بل يضيع قطعا جزء من هذه القدرة بتحوله إلى حرارة . وتقدر كفاءة الدائرة بأنها هى

النسبة بين مقدار القدرة النافعة الناتجة من الدائرة والقدرة الكهربية الداخلة فيها . فمثلا فى حالة الصمامات المستخدمة فى أجهزة الإرسال تكون كفاءة الصمام مساوية لخارج قسمة القدرة الكهربية ذات التردد العالى الخارجة من الصمام على قدرة التيار المستمر الذى يدخل الصمام .

$$\text{الكفاءة} = \frac{\text{القدرة الخارجة}}{\text{القدرة الداخلة}} = \frac{ق_خ}{ق_د}$$

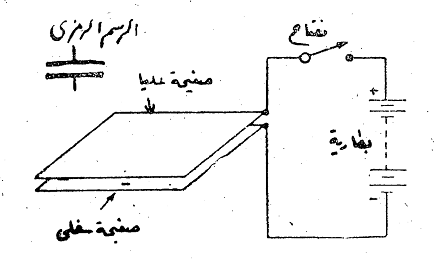
ومقدار الكفاءة عبارة عن كسر أقل من الوحدة وتميز القدرة الخارجة والقدرة الداخلة بالواط .

مثال : إذا كانت القدرة الداخلة لصمام مهتز هى ١٠٠ واط والقدرة الخارجة منه تساوى ٦٠ واط . فتكون الكفاءة مساوية للمقدار $\frac{٦٠}{١٠٠}$ أو ٠,٦ ويعبر عن الكفاءة دائما بأنها نسبة مئوية .

ولذلك فإن كفاءة الصمام المهتز السابق = ٦٠٪

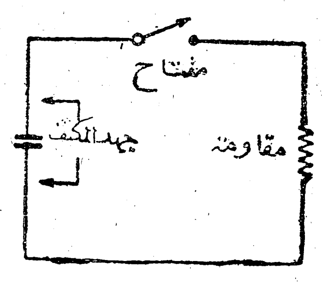
المكثفات والسعة Condensers & Capacitance

إذا فرضنا وجود صفيحتين من معدن متجاورتين ولكنهما غير متلامستين فتكون هاتان الصفيحتان متعادلتين كهربيا أى لا يوجد على أى منهما شحنات كهربية واضحة ، فإذا فرضنا أننا وصلنا هاتين الصفيحتين بقطبى بطارية كما هو واضح فى الرسم (شكل ١٣) ، وعند إغلاق الدائرة الكهربية



شكل (١٣) مكثف بسيط متصل بمصدر للتيار المستمر

فإن الالكترونات سوف تنجذب من الصفيحة العليا إلى القطب الموجب للبطارية ويطرد نفس العدد من الالكترونات من القطب السالب للبطارية إلى الصفيحة السفلى ، وتستمر هذه الحركة فى الألكترونات حتى تتراكم كمية كافية منها على إحدى الصفيحتين وتتناقص كمية أخرى كافية من الالكترونات من الصفيحة الأخرى بحيث يصبح فرق الجهد بين الصفيحتين مساويا لفرق الجهد بين طرفى البطارية . وعند فتح الدائرة بواسطة المفتاح بعد أن أصبحت كل من الصفيحتين مشحونة بالكهربية فسوف تبقى الصفيحة العليا وبها نقص فى الالكترنات وتبقى الصفيحة السفلى وبها زيادة فى الالكترونات وبمعنى آخر تصبح الصفيحتان مشحونتين بالرغم من عدم اتصالها بالبطارية . فعندما توصل الصفيحتان ببعضهما بواسطة سلك معدنى (شكل ١٤) أو عند



شكل (١٤)
طريقة توصيل المكثف عند التفريغ

تلامسهما فإن الالكترونات الزائدة فى الصفيحة السفلى تندفع خلال السلك إلى الصفيحة العليا حتى يحدث التعادل الكهربى بين الصفيحتين ، وتسمى هذه العملية بعملية التفريغ ، وتسمى الصفيحتان السابقتان بالمكثف . ومما سبق نرى أن المكثف يقوم باختزان الكهربية . ولابد أن نتذكر أنه فى الوقت الذى تتحرك فيه الالكترونات عند الشحن أو عند التفريغ فإن هناك تيارا كهربيا يمر فى الدائرة ولو أن هذه الدائرة مقطوعة بواسطة المسافة الموجودة بين الصفيحتين ،ولو أن التيار يمر فقط فى زمن وجيز جدا وهو الزمن

اللازم للشحن أو التفريغ ولا يمكن إحداث تيار باستمرار خلال المكثف وتتوقف كمية الشحنة التي يمكن للمكثف أن يختزنها على عاملين ، أولهما الجهد الكهربي المستخدم لشحنه وثانيهما سعة هذا المكثف .

وتزداد سعة المكثف كلما زادت مساحة الصفيحتين وكذلك تزداد كلما قلت المسافة بين الصفيحتين . كما أنها تتغير حسب نوع مادة العازل بينهما . وقد اصطلح على أعتبار سعة المكثف عندما يكون العازل بين صفيحتيه الهواء هي الأساس وتعتبر أقل قيمة ممكنة لسعة هذا المكثف وتنسب إليها سعة نفس المكثف عند تغيير نوع العازل .

ويلاحظ أنه إذا أردنا زيادة سعة المكثف أمكن ذلك عن طريق زيادة مساحة السطح ولكن ذلك يقتضى حيزاً كبيراً وهو أمر غير موغوب فيه ولو أريد زيادة السعة عن طريق تقليل المسافة بين السطحين لأمكن ذلك ولو أنه غير مرغوب فيه أيضاً خشية حدوث تفريغ بين سطحى المكثف . لذا لم يبق إلا إختيار مادة يكون عزلها كبيراً لزيادة السعة . ولنذكر مثلا لذلك إذ وجد أنه عند استعمال قطعة من الزجاج الرقيق كعازل بين صفيحتي مكثف بدل الهواء ، فإن سعة هذا المكثف تزداد بمقدار سبعة امثال سعته عند وجود الهواء .

وحدات السعة

الوحدة الأساسية للسعة هي الفاراد ولكن هذه الوحدة كبيرة جداً من الناحية العملية وتستخدم وحدة أصغر منها تسمى الميكروفاراد ويرمز لها بالحرفين Micro Farad M.F. وهي جزء من مليون من الفاراد وهناك وحدة أصغر هي الميكروميكروفاراد أو البيكوفاراد ويرمز لها بالرموز M.M.F. أو P.F. أو Picofarad. وتساوى جزءامن مليون من الميكروفاراد

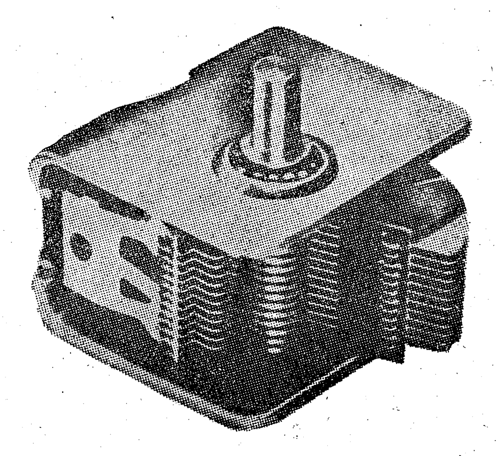
وتحتوى المكثفات غالباً على أكثر من صفيحتين وتوصل المجموعات الفردية مع بعضها وتوصل المجموعات الزوجية مع بعضها لتكون ما يشبه البطارية وبهذه الطريقة يمكن الحصول على مكثفات ذات سعة كبيرة فى حجم صغير إذا ما قورنت بالمكثفات التى تحتوى على صفيحتين .

ووظيفة المكثفات فى الدوائر الكهربية هى أنه يمكن شحنها بالكهربية فى لحظة ثم تفريغها بعد ذلك أى أنه يمكن اختزان الطاقة الكهربية واطلاقها عند الحاجة إليها . ويسمى أحيانا المكثف الكهربى باسم المخزن الكهربى .

المكثفات المستخدمة فى أجهزة الراديو

تختلف المكثفات المستخدمة فى أعمال الراديو اختلافا كبيراً من ناحية الحجم والتركيب والسعة .

وفى المكثفات المتغيرة تثبت مجموعة من الصفائح وتترك الأخرى، قابلة للحركة داخل المجموعة الأولى وبذلك يمكن تغيير سعة المكثف بزيادة وتقليل السطوح المتداخلة من كل من المجموعتين . ويلاحظ أن الهواء هو المادة العازلة فى معظم المكثفات المتغيرة شكل (١٥) . أما المكثفات الثابتة



شكل (١٥) منظر لمكثف مكون من صفائح من الألمنيوم ، العازل بينها هو الهواء

السعة فيمكن استخدام الهواء فيها كعازل ولكن فى معظمها تستخدم مواد صلبة عازلة بين مجموعتى الصفائح المعدنية حتى يمكن الحصول على مكثف ذى سعة كبيرة ويشغل حيزا صغيراً نسبياً والمواد الصلبة المستخدمة كعازل فى المكثفات الثابتة هى الميكا والورق وبعض أنواع الصينى أو الفخار وفى بعض المكثفات الثابتة تستخدم زيوت معدنية كمادة عازلة بين صفائح المكثف . وهناك أنواع أخرى تسمى المكثفات الالكتروليتية وهى تتكون من صفائح من الألومنيوم بينها عجينة من مركب كيميائى موصل للكهربية والعازل الفعلى بين هذه الصفائح عبارة عن غشاء رقيق جدا من مادة عازلة غازية تتكون بطريقة التحليل الكهربى عند توصيل المكثف بمصدر للتيار المستمر وسعة هذا النوع من المكثفات كبير جدا بالنسبة المكثفات الأخرى التى تستعمل فيها المواد العازلة الأخرى ، وذلك لأن الغشاء العازل فى المكثفات الالكتروليتية رقيق جدا وهو أرق من أى مادة صلبة يمكن استخدامها كعازل .

جهد التفريغ Break Voltage

عند توصيل صفائح المكثف بجهد عال فإن هناك قوة كبيرة تؤثر فى الالكترونات والأنوية المكونة لذرات المادة العازلة ، ولن تنفصل الالكترونات من الذرات فى هذه المادة لأنها ليست موصلة للكهربية . فإذا كان الجهد الكهربى كبيرا كانت القوة التى تؤثر فى الذرات كبيرة لدرجة أن العازل قد يتفتت أو ينفجر وفى بعض الأحيان يتفحم ويسمح للتيار الكهربى بالاندفاع على شكل شرارة كهربية تمر خلال المادة العازلة . ويتوقف الجهد الكهربى اللازم لاحداث التفريغ خلال أية مادة عازلة يمكن استعمالها فى المكثفات على عاملين هما نوع مادة العازل وسمكه .

ويحدث التفريغ باستخدام جهد منخفض إذا كانت الصفائح المتقابلة لها

أطراف مدببة ، أما إذا كانت أطراف الصفائح منحنية لامعة فيلزمها جهد كبير لاحداث التفريغ ونتيجة لذلك فإنه لزيادة الجهد الذى يلزم لاحداث التفريغ بين أطراف المكثفات يحسن أن تكون أطراف الصفائح منحنية . ويلاحظ أن المكثفات التى تستخدم فى دوائر الجهد العالى تكون عادة كبيرة الحجم للحصول على السعة المطلوبة وعلى بعد كبير نسبياً لتلافى حدوث التفريغ بين الصفائح .

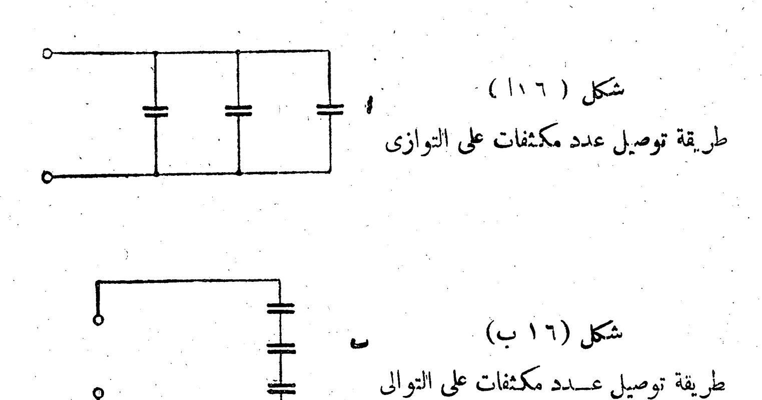
توصيل المكثفات

هناك طريقتان لتوصيل المكثفات :

١ — توصيل المكثفات على التوازى : شكل (١٦ ا) تكون السعة الكلية لمجموعة مكثفات موصلة على التوازى مساوية لمجموع سعات كل مكثف .

$$س = س_{١} + س_{٢} + س_{٣} + \ldots\ldots$$

السعة الكلية للمجموعة = سعة المكثف الأول + سعة الثانى + سعة الثالث + ..



شكل (١٦ ا)
طريقة توصيل عدد مكثفات على التوازى

شكل (١٦ ب)
طريقة توصيل عـــدد مكثفات على التوالى

٢ — توصيل المكثفات على التوالى : تكون السعة الكلية للمجموعة

الموصلة على التوالى أقل من سعة أصغرها . والقانون المستخدم لايجاد السعة الكلية هو

$$\frac{1}{س} = \frac{1}{س_1} + \frac{1}{س_2} + \frac{1}{س_3} + \cdots$$

مقلوب السعة الكلية = مقلوب سعة الأول + مقلوب سعة الثانى + مقلوب سعة الثالث + ...

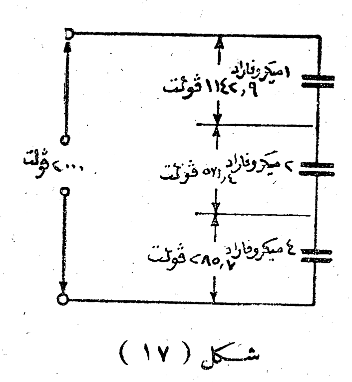
فإذا كان هناك مكثفان موصلان على التوالى فإن السعة الكلية لها

$$س = \frac{\text{سعة الاول} \times \text{سعة الثانى}}{\text{سعة الاول} + \text{سعة الثانى}} = \frac{س_1 \times س_2}{س_1 + س_2}$$

ويجب عند التعويض فى هذه القوانين أن تستخدم وحدات معينة موحدة لها جميعاً فلا يستخدم الفارادو الميكروفاراد فى قانون واحد . وتوصل المكثفات على التوازى للحصول على سعة أكبر مما يمكن الحصول عليه من مكثف واحد . ويلاحظ أن الجهد اللازم توصيله بمجموعة من المكثفات موصلة على التوازى هو أقل جهد يلزم لأى منها حتى لا يحدث فيه تفريغ فإذا أريد مثلا توصيل مجموعة من المكثفات على التوازى وحدود الجهود اللازمة لها هى ٣٥٠ ، ٣٥٠ ، ٤٥٠ فولت فإن أكبر جهد يمكن استخدامه مع هذه المجموعة هو ٢٥٠ فولت . وعند توصيل المكثفات على التوالى فإن الجهد المستخدم يوزع بينها بنفس طريقة توزيعه على المقاومات عند توصيلها على التوالى أى أن كل مكثف ينتج عند طرفيه جهد كهربى خاص بحيث يكون مجموع فروق الجهد عند طرفى كل مكثف مساوياً لفرق الجهد الأصلى لمصدر التيار المستمر المستخدم فى الدائرة . وبذلك تكون فروق الجهد عند أطراف المكثفات الموصلة على التوالى متناسبة تناسباً عكسياً مع سعات هذه

المكثفات بمعنى أن المكثف ذا السعة الكبيرة يكون الجهد على طرفيه صغيرا والعكس صحيح .

مثال : ثلاثة مكثفات موصلة على التوالى شكل (١٧) سعاتها ١ ، ٢ ، ٤



شكل (١٧)

توزيع الجهود على عدة مكثفات ذات سعات مختلفة موصلة على التوازى

ميكروفاراد على الترتيب ، وصلت بمصدر كهربى قوته الدافعة ٢٠٠٠ فولت . فما هى السعة الكلية للمجوعة وما هو فرق الجهد بين طرفى كل منها ؟

$$\frac{١}{\text{السعة الكلية}} = \frac{١}{١} + \frac{١}{٢} + \frac{١}{٤} = ١\frac{٣}{٤}$$

$$\therefore \text{السعة الكلية} = ١ \div ١\frac{٣}{٤} = \frac{٤}{٧} \text{ ميكروفاراد}$$

$$\text{فرق الجهد بين طرفى المكثف الأول} = \frac{٢٠٠٠ \times ٤}{٤} = ١١٤٢\frac{٦}{٧} \text{ فولت}$$

$$\text{» » » » » الثانى} = \frac{٢٠٠٠ \times ٢}{٧} = ٥٧١\frac{٣}{٧} \text{ فولت}$$

$$\text{» » » » » الثالث} = \frac{٢٠٠٠ \times ١}{٧} = ٢٨٥\frac{٥}{٧} \text{ فولت}$$

وتوصل المكثفات على التوالى لكى يمكنها تحمل جهد عال ، ويحدث

ذلك على حساب النقص فى السعة الكلية لهذه المجموعة . وبما أن الجهود لا توزع بانتظام بين أطراف المكثفات عند توصيلها على التوالى ، فيجب ملاحظة ذلك وملاحظة الجهد الذى يجب استخدامه لكل منها عند توصيلها على التوالى حتى لا يحدث تفريغ فى احداها أو كلها نتيجة لزيادة الجهد عند أطرافها عما هو محدد لها .

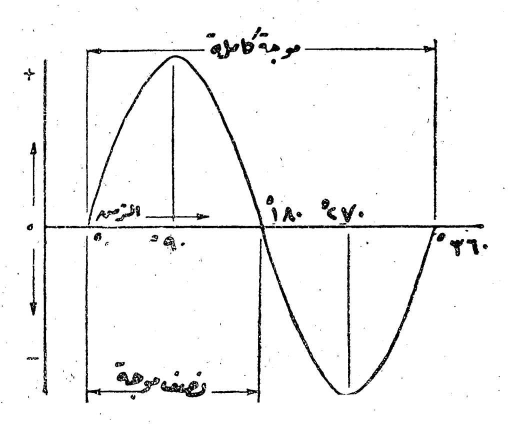
الطور Phase

كلمة طور تعنى الوقت أو المسافة الزمنية التى تمضى بين حدث وآخر ناتج عنه ولتوضيح ذلك نتصور أن شخصاً يقذف كرة لآخر . هناك وقت محدد بين هذين الحدثين ، وهو الزمن بين لحظة إلقاء الكرة بواسطة اللاعب الأول وبين لحظة إمساك الكرة بواسطة اللاعب الثانى ، ويلاحظ أن كلا من الحدثين وهما إلقاء الكرة وإمساكها لم يحدثا فى نفس اللحظة فهما مختلفان فى الطور .

وعندما نقول أن هناك حدثين مذكورين ومختلفين فى الطور فلا يمكن أن نعرف أيهما بدأ أولا ، ولكن يمكن أن نميز بين الحدثين فنقول أن الحدث الأول هو القائد Lead والثانى تابع Lag وفى دوائر التيار المتردد تتغير شدة التيار المتردد تغيرا مستمرا فلابد من معرفة مايحدث تماما إثناء المراحل المختلفة لهذا التغيير .

ويمكن قياس المراحل بوحدات الزمن المعتادة مثل الثانية والدقيقة ولكن هناك طريقة أحسن وأوقع فى قياس المراحل وخصوصا عند ذكر التيارات المترددة . فنظرا لأن كل ذبذبة من ذبذبات التيار المتردد تتم خلال وقت ثابت وهو نفس الوقت الذى تتم فيه أى ذبذبة أخرى لهذا التيار المتردد فيمكن إستخدام الاهتزازة (شكل ١٨) كوحدة لقياس الأطوار . وعندما

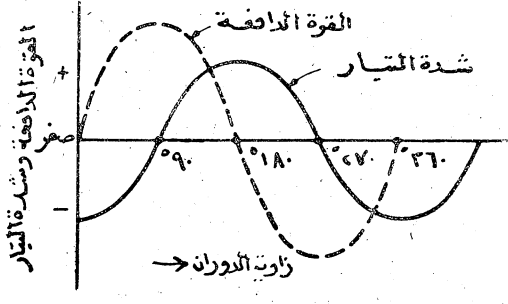
ندرس تياراً ذا تردد معين فإن الأهتزازة هنا يمكن أن تكون مقياسا صحيحا ودقيقا لأطوار هذا التيار مهما تغير التردد . ولكن عندما ندرس تيارين لكل



شكل (١٨)

طريقة التعبير البيانى عن العلاقة بين الزمن وشده التيار أو الجهد على موجة كاملة مقسمة إلى ٣٦٠ درجة

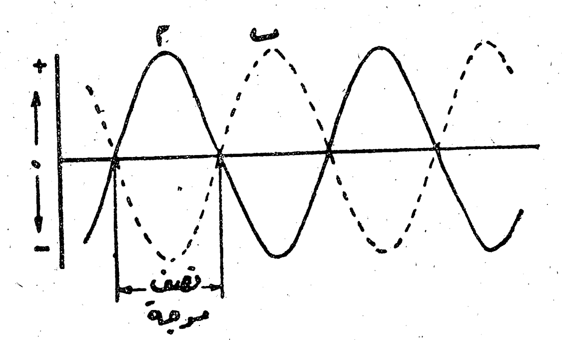
منهما تردده الخاص فلابد من تحويل وحدة الزمن لكل منهما حتى تتلاءم مع الوحدة الأخرى مثل مايحدث عندما نقيس طولين أحدهما بالمقياس المترى والآخر بالأقدام والبوصات فإنه يجب عندئذ أما تحويل السنتميرات إلى بوصات أو العكس حتى يمكننا المقارنة بين هذين الطولين . وسوف تكون المسافات الزمنية التى تقاس (أو مانسميه علميا باسم إختلاف الأطوار) جزء من الاهتزازه . فيقال أن الموجة تتأخر عن موجة أخرى بمقدار ربع ذبذبة كما فى الرسم التالى . (شكل ١٩)



شكل (١٩)

منحنى يبين تقدم القوة الدافعة الكهربية فى الطور عن شده التيار بمقدار ربع موجة

وأحيانا يكون تأخر موجة عن موجة أخرى قدره نصف موجة بحيث يتضادان فى الاتجاه وفى هذه الحالة نجد أن إحدى الموجتين تمحى أثر الموجة الأخرى . (بحيث لا يمر تيار كهربى فى الدائرة التى تحتوى على تيارين يمران على هيئة موجات تفصل بين كل موجتين مسافة زمنية قدرها نصف موجة) والرسم التالى (شكل ٢٠) يبين التعبير بالرسم البيانى عن تيارين مختلفين



شكل (٢٠)

رسم بيانى يدل على العلاقة لشدتى تيارين أو جهدين وفرق الطور بينهما نصف درجة

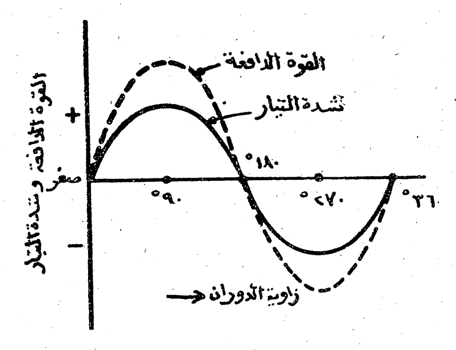
فى الطور بمقدار نصف موجة وهما الموضحان بالمنحنيين ا ، ب . وليس من المهم معرفة أيهما يبدأ أولا أو أيهما يقود الآخر . فإن التيار ا يكون موجبا فى نفس اللحظة التى يكون فيها التيار (ب) سالبا والعكس بالعكس .

ويمكن أن تمثل الموجات السابق التعبير عنها، التغيرات التى تحدث فى شدة التيار المتردد أو فى جهده أو كليهما . وقد يكون الخطان المنحنيان ا ، ب ممثلين لتيارين فى دائرتين مختلفتين وقد يكون المنحنى ا ممثلا للجهد والمنحنى ب ممثلا لشدة التيار . فإذا كان الخطان يمثلان تيارين فى دائرة واحدة أو جهدين فى دائرة واحدة فإن المحصلة الكلية للتيار أو الجهد سوف تكون موجة مركبة

الأطوار فى الدوائر التى تحتوى على مقاومة

عندما يوصل مصدر للتيار المتردد بطرفى مقاومة فإن التيار سوف يمر وتزداد شدته فى الدائرة بازدياد الجهد . فيكون الجهد والتيار فى طور واحد

(شكل ٢١) يمكن تطبيق ذلك على التيار بأى تردد إذا كانت المقاومة الموجودة



شكل (٢١)

المنحنى البيانى الذى يبين العلاقة بين الزمن وكل من شدة التيار والجهد فى دائرة كهربية تحتوى على مقاومة فقط ومتصلة بمصدر للتيار المتردد ويتفقان فى الطور

فى الدائرة مقاومة خالصة أى لا يوجد معها أى أثر لرد الفعل الذى سوف يأتى ذكره .

وفى مثل هذه الحالة تزداد شدة التيار المار فى الدائرة كلما زاد فرق الجهد بنفس النسبة فى التيار المتردد كما يحدث ذلك تماما فى التيار المستمر .

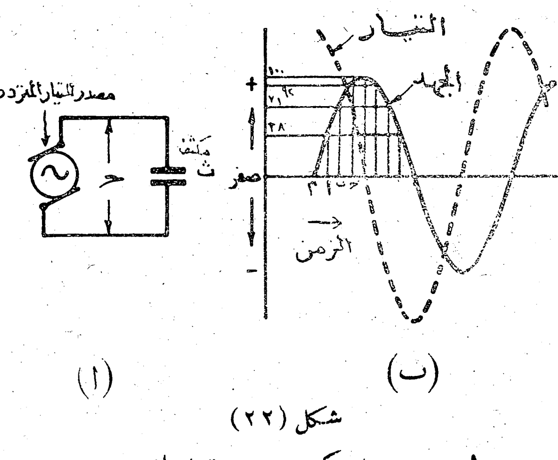
ومن الصعب عمليا الحصول على دوائر كهربية تحتوى على مقاومات خالصة وخصوصا عندما يكون التيار ذا تردد عال (R.F.) لأن تأثير رد الفعل يصبح واضحا تماما عندما يزداد تردد التيار . وهنا يلزم إيجاد طريقة لمحو أثر رد الفعل حتى يصبح التيار المار فى الدائرة أكبر ما يمكن .

المكثف وتأثير توصيله فى دائرة

متصلة بمصدر للتيار المتردد

إذا فرضنا أننا وصلنا مكثفا ثابت السعة بمصدر للتيار المتردد فى دائرة كهربية كالمبينة بالرسم (شكل ٢٢ ا ، ب) وليس بهذه الدائرة أية مقاومة ،

فإنه فى خلال الزمن (م ا) يزداد الجهد المستخدم بمقدار ٣٨ فولت . وخلال هذا الوقت أو هذا الجزء من الذبذبة يكون المكثف قد شحن إلى نفس



شكل (٢٢)

ا — توصيل مكثف بمصدر للتيار المتردد .

ب — مراحل الاطوار بين الجهد وشده التيار .

الجهد . وفى الفترة الزمنية ا ب يزداد الجهد إلى ٧١ فولت (بزيادة قدرها ٣٣ فولت وهو مقدار أقل من ٣٨) وبذلك تكون كمية الشحنة التى تنتج من ذلك وتصل إلى المكثف أقل من الكمية الناتجة من الزيادة الأولى فى الجهد وقدرها ٣٨ فولت. وخلال الجزء الثالث من المرحلة وهو الممثل على الرسم بالمسافة ب حـ يزداد جهده بمقدار ٢١ فولت (ويصبح الجهد الكلى ٩٢ فولت) ، وهذه الزيادة فى الجهد أقل من سابقتها (٣٣ فولت) فتكون كمية الشحنة المضافة إلى المكثف أقل من الكمية المضافة خلال الأجزاء السابقة من هذه المرحلة . وفى خلال الجزء الرابع من هذه المرحلة وتمثله المسافة (حـ ى) على الرسم يزداد الجهد بمقدار ٨ فولت فقط (ليصبح الجهد النهائى ١٠٠ فولت) وتقل نتيجة لذلك كمية الشحنة المضافة إلى شحنات المكثف .

وعلى ذلك فكلما ارتفع الجهد قلت شدة التيار (التى هى عبارة عن كميات من الشحنة التى تتحرك وتصل إلى المكثف) .

وإذا قسمنا الربع الأول من المنحنى الذى يمثل اهتزازه كاملة لهذا التيار المتردد إلى أقسام صغيرة جدا كل منها يمثل زمنا وجيزا فسوف نجد أن شدة التيار الذى يقوم بشحن المكثف يتبع فى نموه خطا منحنيا يشبه الخط المنحنى الذى يبين التغيرات فى جهد التيار المتردد المستخدم .

وبذلك فاننا نرى أن هناك فرقا قدره ربع ذبذبة بين جهد المكثف وشدة التيار المار فيه . وخلال الربع الأول من الاهتزازة يمر التيار فى طريقه المعتاد من الدائرة ، وخلال ذلك يشحن المكثف . ويكون التيار موجبا خلال هذه المرحلة ، كما هو مبين بالخط المتقطع على الرسم المرافق (شكل ٢٢) . وخلال الربع الثانى من هذه الذبذبة يتناقص الجهد على لوحى المكثف ويفقد المكثف شحنته التى اكتسبها خلال الربع الأول من هذه الاهتزازة وتتكرر عملية الشحن فى الربع الثالث من هذه الاهتزازه ثم يفقد المكثف شحنته فى الربع الرابع . وعلى ذلك يتم شحن المكثف ثم تفريغه مرتين خلال الإهتزاز ولكن فى اتجاهين متضادين ولا بد أن نتذكر أن التيار لا يمر خلال المكثف ولكنه يستقر على سطوحه على هيئة شحنات كهربية ثم تعود إلى الدائرة الكهربية وهكذا .

العوامل التى تؤثر فى التيار المتردد

١ ـ المقاومة والممانعة

إذا مر تيار مستمر فى دائرة فإنه يعانى معارضة يمكن استخراج مقدارها من قانون أوم الذى سبق شرحه م (المقاومة) $= \frac{\text{ح (فرق الجهد)}}{\text{ت (شدة التيار)}}$

أما فى التيار المتردد وفى الحالات التى لا يوجد فى الدائرة غير المقاومة الخالصة فإن الجهد يزيد ويزيد تبعاً له شدة التيار فى نفس اللحظة ويقلان فى

نفس اللحظة وهو ما عبرنا عنه بأنهما متحدا الطور (شكل ٢١) ، فى هذه الحالات لا توجد ممانعة إلا المقاومة . وسيأتى الحديث عن احتواء الدائرة على أجزاء أخرى تسبب معارضات أخرى غير المقاومة . ولتعيين هذه المعارضات (وتسمى الممانعة) لا بد من إيجاد المجموع الكلى للمقاومة الأصلية مضافا إليها (بنفس الوحدات المستخدمة لتمييز المقاومة وهى وحدات الأوم) تأثير المعارضة الناشئة عن هذه الاجزاء .

٢ ـ الحث ورد الفعل التأثيرى للملفات

التيار التأثيرى : إذا مر تيار فى سلك فانه يحدث فى سلك آخر قريب منه تيارا فى اتجاه معاكس يسمى التيار المنتج بالتأثير .

ولو قطع التيار فى الدائرة الاصلية نشأ تيار تأثيرى فى الدائرة الثانوية فى نفس الاتجاه .

كذلك يحدث لو زيدت شدة التيار الأصلى أو قوة المغناطيس ، أى أنه على العموم لوحظ تكون تيار تأثيرى فى الاتجاه المعاكس إذا كانت خطوط قوى مغناطيسية تقطع الدائرة الحادث فيها التأثير .

ويتكون تيار تأثيرى طردى كلما نقص عدد خطوط القوة التى تقطع الدائرة الثانوية .

وتكون القوة الدافعة الناتجة بالتأثير متناسبة مع معدل تغير خطوط القوى التى تقطع الدائرة الثانوية .

ويلاحظ أن التيار المنتج بالتأثير يكون فى اتجاه يعمل على معارضة التغير الناشىء فى المجال المغناطيسى أو التغير فى عدد خطوط القوى المغناطيسية التى تسعى لإحداثه .

التيار التأثيرى فى نفس الدائرة الأصلية :

وليس التيار التأثيرى قاصراً على دائرة خارجية بل يكون تأثيره أيضاً على نفس الدائرة الأصلية ، بمعنى أنه إذا حدث تغير فى خطوط القوة ينشأ فى نفس الدائرة تيار يحاول معارضة هذا التغير فيتكون تيار تأثيرى خلال الدائرة فى اتجاه معاكس فى حالة زيادة عدد خطوط القوى وفى نفس الاتجاه إذا قلت خطوط القوى .

وتسمى خاصية معارضة الدوائر الكهربية لأى تغير فى التيار المار بها باسم « الحث » .

الحث المتبادل والحث الذاتى :

إذا عارضت دائرة ثانوية مرور تيار كهربى فيها نتيجة لمرور تيار كهربى فى دائرة أخرى ابتدائية أو أصلية مجاورة لها سميت هذه المعارضة فى الدائرة الثانوية بالحث المتبادل Mutual Inductance أما إذا كانت المعارضة للتيار فى نفس الدائرة سميت الحث الذاتى Self Inductance .

الحث بالنسبة لكل من التيار المستمر والمتردد :

عند ما يمر تيار مستمر فى سلك مستقيم أو فى ملف لا يحدث حث إلا عند الوصل والقطع ولذلك ،طالما يمر التيار يكون الحث منعدما (يساوى صفرا) . أما عند مرور التيار المتردد .فبالنسبة للتغير فى شدة التيار واتجاهه بشكل مستمر ، يحدث حث يتوقف على سرعة التغـــير (أى على التردد) وعلى طول السلك . ويلاحظ أن قيمة الحث فى الملف أكبر بكثير من حث الأسلاك المستقيمة ويتوقف هذا المقدار على عاملين :

١ — عدد اللفات .

٢ — وجود مادة مغنطيسية فى قلب الملف وتسمى Core تعمل على تجميع خطوط القوى التى تقطع الملف وبذلك يزيد الحث .

وحدة الحث : هى الهنرى (h) Henry .

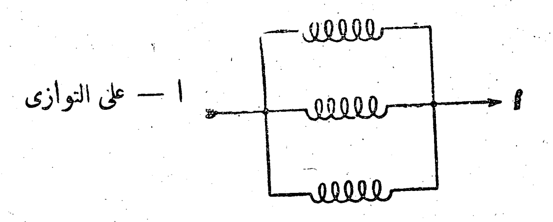
يتكون حث فى الدائرة قدره هنرى لو كانت القوة الدافعة التأثيرية الناتجة فيها قدرها ١ فولت وشدة التيار الناتج بالتأثير قدرها أمبير واحد فى الثانية .

وللهنرى أجزاء هى المللى هنرى = $\frac{١}{١٠٠٠}$ هنرى mh

والميكرو هنرى = $\frac{١}{١٠٠٠٠٠٠}$ هنرى uh

ملحوظة : إذا احتوت الدائرة على عدة ملفات متصلة ببعضها فإن الحث المكافى لعدة ملفات موصلة على التوالى شكل (٢٣ب) يساوى مجموع الحث لكل ملف .

$ل = ل_١ + ل_٢ + ل_٣ + ...$



ب — على التوالى

شكل (٢٣ ا ، ب)

طريقة توصيل عدة ملفات لإيجاد الحث الكلي للمجموعة

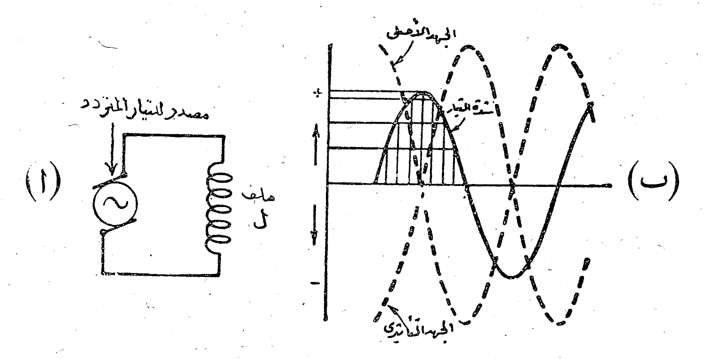
وإذ كانت الملفات متصلة على التوازى شكل (٢٣ ا) فإن مقلوب الحث المكافىء يساوى مجموع مقلوب الحث لكل ملف .

$$\frac{1}{ل} = \frac{1}{ل_1} + \frac{1}{ل_2} + \frac{1}{ل_3} + \cdots\cdot$$

وهما نفس العلاقتين عند تعيين المقاومة المكافئة لعدة أسلاك متصلة على التوالى أو التوازى .

تأثير الحث على مراحل الطور بين الجهد وشدة التيار المتردد :

سبق أن بينا أن الجهد وشدة التيار للتيار المتردد فى دائرة كهربية تحتوى على مقاومة خالصة يزيدان معاً وينقصان معاً أى أنهما يكونان متفقان فى الطور . أما إذا اشتملت الدائرة على ملف فإن التيار الناشىء يكون متخلفا عن القوة الدافعة الأصلية بمقدار ربع ذبذبة شكل (٢٤) أى أنه فى الوقت



شكل (٢٤)

ا ــ دائرة مكونة من مصدر للتيار المتردد وملف ب ــ المنحنى البيانى الذى يبين العلاقة بين الزمن وكل من الجهد الأصلى والجهد التأثيرى وشدة التيار فى الدائر

الذى تكون فيه القوة الدافعة الكهربية الأصلية فى نهايتها العظمى تكون شدة التيار الذى يمر فى الدائرة صغيرا ، وفى الوقت الذى تكون القوة الدافعة قيمتها صفرا تكون قيمة التيار أكبر ما يمكن .

رد الفعل التأثيرى Inductive Reactance :

فى الدوائر الكهربية التى تحتوى على مقاومة خالصة تكون هذه المقاومة

هى الوحيدة التى تؤثر فى التيار الذى يمر من منبع التيار المتردد خلال الدائرة . وما دامت ممانعة الدائرة هى مجموع المعارضات لسير التيار الكهربى فى هذه الدائرة ، فإنه فى حالة الدوائر التى تحتوى على المقاومات الخالصة تكون الممانعة (كما سبق ذكره) هى مقاومة الدائرة فقط . وما دمنا قد وصلنا فى الفقرات السابقة إلى أن وجود ملف فى دائرة كهربية متصلة بمصدر للتيار المتردد سوف ينتج قوة دافعة مضادة تعارض مرور التيار فى الدائرة فإن الممانعة فى هذه الدائرة تكون أكبر من مقاومتها .

والعامل الذى يسبب كبر هذه الممانعة فى الدوائر الكهربية التى تحتوى على ملفات ذات حث ومتصلة بمصدر للتيار المتردد يسمى برد الفعل . ونظرا لأن هذا العامل وهو رد الفعل ناتج عن وجود ملف تأثيرى ذو حث فيسمى برد الفعل التأثيرى . ووحدة رد الفعل التأثيرى هى الأوم .

ويتوقف رد الفعل التأثيرى على أقصى جهد تأثيرى يمكن أن ينتج فى الملف وهو عامل يتوقف بدوره على حث الملف وتردد التيار المار فيه . وعلى ذلك فإن رد الفعل التأثيرى فى ملف يتوقف على كل من حث الملف وتردد التيار الذى يمر فيه .

وإذا فرضنا وجود دائرة كهربية لا يوجد بها إلا ملف عديم المقاومة وله حث معين فيمكننا استبدال رد الفعل التأثيرى لهذا الملف بالممانعة ويمكن باستخدام قانون أوم (بعد تحويره ليلائم الممانعة) إيجاد شدة التيار الذى يمر فى هذا الملف .

$$\text{شدة التيار} = \frac{\text{فرق الجهد}}{\text{الممانعة}}$$

٣ — السعة ورد فعل المكثفات

سبق أن أشرنا إلى أننا لو وصلنا مصدرا للتيار المستمر بلوحى مكثف فإن هذا المكثف يشحن بكمية من الكهرباء تتوقف على سعته وجهد المصدر والمعارضة التى تنتج لمرور التيار فى المكثف هى مقاومة المكثف .

أما لو وصل المكثف بمصدر للتيار المتردد فإن التيار يصبح متقدما عن الجهد بربع ذبذبة . وبذلك تنشأ معارضة لمرور التيار بسبب اختلاف الطور بين الجهد والتيار وهى التى نسميها باسم رد الفعل . وتكون المانعة (المعارضة الكلية) فى الدائرة مشتملة على مقاومة المكثف الأصلية بالإضافة إلى تأثير رد الفعل الجديد .

ويتوقف رد فعل المكثف على عاملين :

١ — سعة المكثف .

٢ — تردد التيار .

ففيما يختص بالسعة يلاحظ أنه بزيادة السعة (عند كبر المساحة مثلا) فإن الالكترونات تنتشر على هذا السطح الكبير ويكون تأثيرها على السطح المقابل قليلا فيكون تأثير الجهد العكسى قليلا .

وبذلك يكون تأثير كبر السعة هو تقليل رد الفعل .

وفيما يختص بالتردد فإنه يلاحظ أنه كلما زاد التردد فإن المكثف سوف يشحن فى لحظة ويفرغ فى لحظة أخرى بسرعة كبيرة ينتج عنها أن القوة الدافعة المضادة يكون تأثيرها قليلا .

وبذلك يكون تأثير كبر التردد تقليل رد الفعل .

وعلى ذلك فإن رد فعل المكثف يتناسب عكسيا مع كل من العاملين السابقين وهما سعة المكثف وتردد التيار الذى يوصل به .

الدوائر الكهربية التى تحتوى على ملفات أو مكثفات أو هما معا

ذكرنا فيما سبق كيف تتصرف الدوائر الكهربية تجاه التيار المتردد عندما لا تحتوى إلا على مقاومة فقط أو ملف فقط أو مكثف فقط . وعرفنا أن الممانعة فى هذه الدوائر تختلف حسب نوعها .

فممانعة الدائرة التى تحتوى على مقاومة فقط بالنسبة للتيار المتردد تساوى مقدار المقاومة، وممانعة الدائرة التى تحتوى على ملف فقط تساوى رد فعل هذا الملف . وممانعة الدائرة التى تحتوى على مكثف فقط تساوى رد فعل هذا المكثف .

أما فى حالة الدوائر الكهربية العملية التى تتصل بمصدر للتيار المتردد فإنها دائما تحتوى على مقاومة وحث وسعة أو أى اثنين منها . وبالإضافة إلى ذلك فقد تحتوى هذه الدوائر على أسلاك وموصلات ذات مقاومات بالإضافة إلى المقاومات الأصلية ، كذلك فإن لهذه الأسلاك حثا وسعة .

وفى الأجهزة التى تستخدم فيها تيارات ذات تردد عال جدا تكون مقاومة وحث وسعة أسلاك التوصيل ومكونات الجهاز ذات أثر كبير فى التيارات الكهربية التى تمر خلال المراحل المختلفة لهذه الأجهزة ، فى حين أن ذلك الأثر يكون قليلا ويمكن إهماله فى حالة الترددات المنخفضة .

(ا) دوائر تحتوى على مقاومة وملف :

ما دام الملف يعمل على تأخير التيار بالنسبة للجهد المتردد بمقدار ربع موجة وما دامت المقاومة لا تؤخرهما عن بعضهما فلا يمكن إضافة المقاومة لرد الفعل إضافة عادية لكى تنتج الممانعة الكلية فى الدائرة وبواسطة علاقة

رياضية خاصة يمكن حساب ممانعة هذه الدائرة[1] وبالتالى يمكن حساب شدة التيار الذى يمر فيها .

(ب) دوائر تحتوى على مقاومة ومكثف :

يعمل المكثف على تأخير الجهد بالنسبة للتيار بمقدار ربع موجة (عكس تأثير الملف) وأما المقاومة فلا تؤثر فى أطوارهما ، وعلى ذلك فإن هذه الدائرة سوف يكون من نتيجة توصيلها بمصدر للتيار المتردد تأخير الجهد بالنسبة للتيار بمقدار ربع موجة ، والممانعة الكلية لهذه الدائرة لا تساوى مجموع المقاومة ورد فعل المكثف ولكن هناك علاقة رياضية خاصة يمكن بها حساب الممانعة الكلية فى الدائرة بمعرفة كل من المقاومة ورد فعل المكثف[2] .

(ج) دوائر تحتوى على ملف ومكثف :

سوف نفترض فى هذه الفقرة توصيل ملف ليس له مقاومة مع مكثف ليس له مقاومة بمصدر للتيار المتردد (شكل ٢٥) ونتيجة هذا التوصيل أن كلا من المقاومة والمكثف سوف يبدى معارضة خاصة به لمرور التيار وهذه المعارضة هى التى أسميناها سابقا برد الفعل .

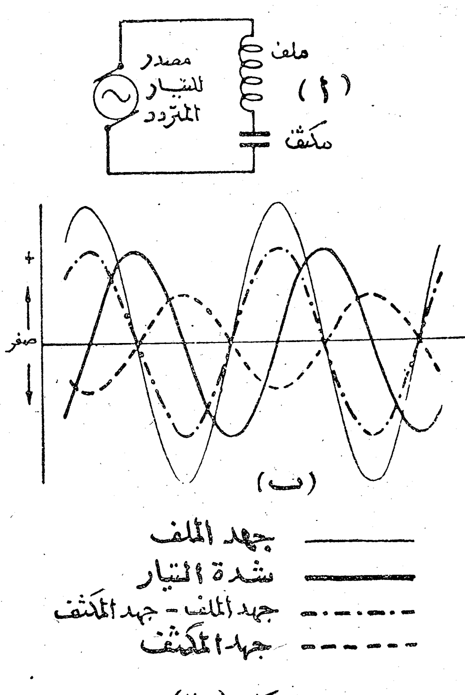
ومما هو جدير بالملاحظة أن رد فعل الملف يعمل على تأخير التيار عن الجهد بمقدار ربع موجة وأن رد فعل المكثف يعمل على تأخير الجهد عن التيار بنفس المقدار مما تكون نتيجته النهائية أن يكون جهد أحدهما متأخراً عن جهد الآخر بمقدار نصف موجة .

---

(١) ممانعة الدائرة التى تحتوى على مقاومة وملف = √(مربع المقاومة + مربع رد فعل الملف).

(٢) ممانعة الدائرة التى تحتوى على مقاومة ومكثف = √(مربع المقاومة + مربع رد فعل المكثف).

ونظرا لأن الجهدين الناشئين عند كل من الملف والمكثف متضادان فلذلك يحاول كل منهما أن يمحو أثر الآخر .



شكل (٢٥)

ا ــ دائرة مكونة من ملف ومكثف موصلين على التوالى بمصدر التيار المتردد .
ب ــ المنحنى البيانى الذى يدل على العلاقة بين الزمن وكل من الجهد والتيار

ويكون رد الفعل الكلى فى الدائرة = رد فعل الملف ــ رد فعل المكثف.

فإذا كان رد فعل الملف أكبر من رد فعل المكثف كانت النتيجة موجبة وكان رد الفعل الكلى يشبه رد فعل ملف وقيمته هى الفرق بين رد فعل الملف ورد فعل المكثف ، أما إذا كانت النتيجة سالبة كان رد الفعل الكلى يشبه رد فعل مكثف وقيمته هى الفرق بين رد فعل الملف ورد فعل المكثف .

وما دام كل من رد فعل الملف ورد فعل المكثف يحاول إزالة أثر الآخر ومحوه فإنه يمكن تقليل رد فعل المكثف بتوصيل ملف به على

التوالى ، وكذلك لتقليل رد فعل ملف فإنه يوصل على التوالى بمكثف مناسب بحيث لا يتعدى رد فعل الجزء المضاف رد الفعل الأصلى فى الدائرة .

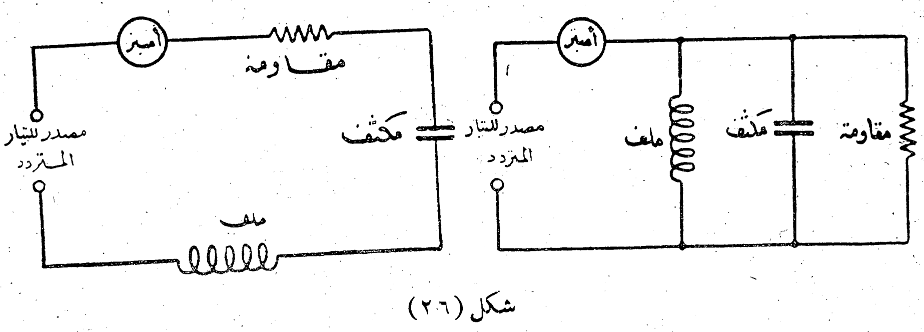
الرنين فى الدوائر الكهربية

إذا وصل ملف ومكثف على التوالى فى دائرة كهربية بمصدر للتيار المتردد فيمكننا معرفة رد فعل كل من الملف والمكثف بعد معرفة حث الملف وسعة المكثف . ويلاحظ أنه بزيادة تردد التيار يزيد رد فعل الملف والعكس صحيح ، وعند تردد معين للتيار يتساوى رد فعل الملف مع رد فعل المكثف . وبما أنهما متضادان فى الاتجاه فيصبح رد الفعل الكلى فى الدائرة مساويا الصفر . وفى هذه اللحظة يقال أن الدائرة الكهربية فى حالة رنين . وتردد التيار الذى حدث عنده الرنين يسمى بتردد الرنين . وهذه الدائرة الكهربية يطلق عليها دائرة رنين موصلة على التوالى . وبما أن رد فعل الملف سوف يسبب تأخير التيار عن الجهد بمقدار ربع موجه كما أسلفنا ورد فعل المكثف يسبب تأخير الجهد عن التيار بنفس المقدار فينتج عن ذلك أن يتفق الجهد مع التيار فى الاطوار .

وفى حالة الرنين يكون التيار المار فى الدائرة من منبع التيار المتردد أكبر ما يمكن ولا يتوقف هذا التيار إلا على المقاومة الموجودة فى الدائرة وتشمل مقاومة الأسلاك المستخدمة فى التوصيل ومقاومة الملف ومقاومة المكثف ، ولن يتأثر هذا التيار برد فعل الملف أو رد فعل المكثف الذى يضيع كل منهما أثر الآخر .

دوائر الرنين الموصلة على التوازى :

عند ما نوصل ملفا ومكثفا على التوازى فى دائرة كهربية متصلة بمصدر للتيار المتردد كما هو مبين بالرسم شكل (١٢٦) .



شكل (٢٦)

ا — دائرة رنين موصلة على التوازى ب — دائرة رنين موصلة على التوالى

فعند مايندفع التيار من المصدر إلى الدائرة فإنه يسرى فى طريقين أحدهما هو المكثف والآخر هو الملف . وسوف يمر تيار أكبر فى الجزء الذى يكون رد فعله صغيراً وعند ما يكون تردد التيار صغيراً ، فإن رد فعل المكثف يكون من رد فعل الملف فيكون التيار المار فى الملف أكبر من التيار المار فى المكثف .

وعند ما يكون تردد التيار كبيراً يصبح رد فعل الملف أكبر من رد فعل المكثف وبذلك يكون التيار المار فى المكثف أكبر من التيار المار فى الملف .

وعند تردد معين وهو التردد الذى نعرفه باسم تردد الرنين يكون رد فعل الملف مساوياً لرد فعل المكثف ويمر تيار متساو فى كل منهما . ولكن رد فعل الملف يميل إلى أن يجعل التيار يتأخر عن الجهد بمقدار ربع موجة ويعمل المكثف على تأخير الجهد عن التيار بمقدار ربع موجة كذلك ، وعلى ذلك فإن التيار فى أحد الجزئين (الملف أو المكثف) سوف يكون متخلفاً عن التيار المار فى الجزء الآخر (المكثف أو الملف) بمقدار نصف موجة . أى أن التيار يكون فى الملف عكس التيار المار فى المكثف . تكون نتيجة ذلك اختفاء التيار فى كليهما ولن يخرج أى تيار من المصدر إلى الدائرة الكهربية .

وبذلك يمكن القول أن هذه الدائرة المكونة من ملف ومكثف موصلين على التوازى ببعضهما لا يسمحان مطلقا بإمرار تيار كهربى من المصدر إذا كانت الدائرة الكهربية فى حالة رنين مع تردد هذا التيار . وفى نفس الوقت يكون رد فعل الملف مساوياً لرد فعل المكثف ، وكذلك يمكن القول أنه فى هذه الحالة تصبح ممانعة الدائرة لانهائية لهذا التيار . وتسمى هذه الدائرة بأنها دائرة رنين موصلة على التوازى .

وفعل هذه الدائرة فى التيار المتردد عكس فعل دائرة الرنين الموصلة على التوالى شكل (٢٦ ب) التى تكون ممانعتها صغيرة جداً (بل تساوى صفرا) بالنسبة لمصدر التيار المتردد .

وتسمى لذلك دائرة الرنين الموصلة على التوازى بدائرة مضادة للرنين Anti - Resonant.

وفى هذه الدوائر يكون التيار والجهد متفقين من ناحية الطور .

ولا يعنى عدم خروج تيار من المنبع فى دائرة الرنين الموصلة على التوازى أنه ليست هناك تيارات تمر فى الدائرة بل بالعكس توجد هناك تيارات تمر فى كل لحظة خلال كل من الملف والمكثف ولكنهما متضادان فى الاتجاه مما يجعل النتيجة النهائية للتيار الكلى فى الدائرة تساوى صفرا .

وفى هذه الدائرة تحدث بعض العمليات الكهربية التى يجب التنويه بذكرها عندما تكون الدائرة فى حالة رنين مع تيار ذى تردد معين . ففى اللحظة التى يشحن فيها المكثف تتولد فيه قوة دافعة تسبب مرور تيار فى الملف ، وهذا التيار عندما يندفع فى الملف يولد مجالا مغناطيسياً يسبب تكوين تيار تأثيرى عكسى يصل إلى المكثف ليعيد شحنه . وبهذا سوف تختزن الطاقة على هيئة مجال كهربى فى المكثف ومجال مغناطيسى فى الملف .

وهذه الطاقة الكهربية تظل تتردد بين الملف والمكثف وتتحول إلى كل

من المجالين الكهربى والمغناطيسى وكنتيجة لذلك فإن التيار يروح ثم يرجع بين الملف والمكثف بسرعة كبيرة ، وتسمى هذه العملية بالاهتزاز ، ويظل هذا الاهتزاز مستمرا منذ اللحظة التى يبدأ فيها (يحدث هذا من الناحية النظرية فقط) ، أما من الناحية العملية فإن وجود مقاومة فى الدائرة هى مقاومة أسلاك الملف ومقاومة العازل الموجود فى المكثف ومقاومة أسلاك التوصيل وكلها تعمل على استهلاك كمية من الطاقة الكهربية التى تمر فى الدائرة من المنبع الكهربى وتعمل الدائرة جميعها بشكل يماثل وجود ممانعة كبيرة فى الدائرة .

وستأتى الإشارة إلى قيمة مثل هذه الدائرة فى عملها كدائرة اهتزاز .

معامل القدرة Power Factor

إذا أمر تيار من مصدر متردد فى دائرة كهربية تحتوى على مقاومة فقط فإن القدرة المستهلكة تساوى حاصل ضرب مربع شدة التيار فى المقاومة .

فلو كانت القوة الدافعة للمصدر مثلا ٢٥٠ فولت والمقاومة ١٢٥ أوم فتكون شدة التيار المار فى الدائرة $= \frac{٢٥٠}{١٢٥} =$ ٢ أمبير

وتكون القدرة = (مربع شدة التيار) × المقاومة

= ٢ × ٢ × ١٢٥ = ٥٠٠ واط .

وجميع هذه القدرة (وهى تساوى ٥٠٠ واط) تستهلك فى الدائرة .

أما لو كانت الدائرة تحتوى على ممانعة قدرها ١٢٥ أوم ولكنها مكونة من مقاومة قدرها ٧٥ أوم وملف رد فعله ١٠٠ أوم متصل بها على التوالى فإن هذه القــدرة وقدرها ٥٠٠ واط لا تستهلك جميعها ولا تستهلك منها إلا المقدار الذى يبذل فى التغلب على المقاومة وقدره ٢ × ٢ × ٧٥ = ٣٠٠ واط

(حيث أن القدرة المبذولة فى رد الفعل تعود ثانية إلى الدائرة ولا تستهلك من المصدر).

وتسمى النسبة بين مقدار القدرة المستهلكة فعلا على مقدار القـــدرة المفروض نظرياً استهلاكها فى هذه الدائرة بمعامل القدرة.

ومعامل القدرة فى المثال السابق = $\frac{٣٠٠}{٥٠٠}$ = ,٦ أو ٦٠٪ ولتمييز القدرة المستهلكة فعلا عن القدرة الغير المستهلكة والناتجة عن وجود رد فعل فى الدائرة من ملف أو مكثف اتفق على اعتبار وحدة القدرة المستهلكة الحقيقية هى الواط، ووحدة القدرة الغير المستهلكة هى الفولت أمبير.

المحولات Transformers

يتكون المحول من ملفين متقاربين بحيث يؤثر كل منهما فى الآخر وبينهما تأثير متبادل. ويسمى الملف الذى يوصل بمصدر التيار بالملف الابتدائى ويسمى الملف الآخر ملف ثانوى. وأهم فوائد المحولات:

أولا — أنه يمكن نقل الطاقة الكهربية من جزء من الدائرة إلى جزء آخر دون توصيل مصدر التيار توصيلا مباشرا بذلك الجزء.

ثانياً — يمكن خلال هذه العملية أيضاً تغيير الجهد بحيث يمكن زيادته أو إنقاصه وكذلك الحال بالنسبة للتيار.

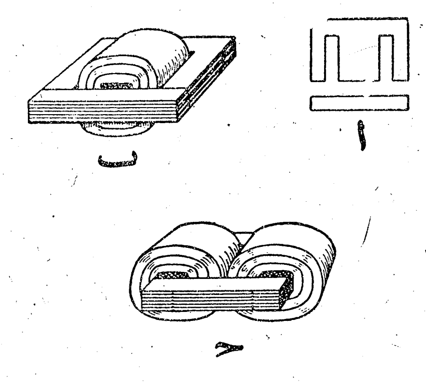
فمثلا إذا كان هناك مصدر للتيار جهده ٤٤٠ فولت ويراد توصيله بدائرة كهربية لا يلزمها غير ١١٥ فولت فقط، فإنه يمكن إجراء هذه العملية باستخدام محول مناسب. ولا يمكن استخدام المحولات إلا فى حالة التيارات المترددة إذ لن يتكون فى الملف الثانوى جهد تأثيرى إذا لم يتغير المجال المغناطيسى فى الملف الابتدائى بتغيير جهد التيار المتصل به. وفى حالة توصيل

الملف الابتدائى لمحول بمصدر للتيار المستمر فإنه لن يتولد جهد تأثيرى فى الملف الثانوى إلا فى اللحظة التى تغلق فيها الدائرة أو تفتح ، إذ خلال هذه اللحظة فقط يتغـــير المجال المغناطيسى الذى يتكون من مرور التيار فى الملف الابتدائى .

المحول ذو القلب الحديدى

Iron Core Transformer

يمكن أن يلف كل من الملفين الابتدائى والثانوى للمحول على قلب من مادة مغناطيسية شكل ٢٧ ا ، ب ، حـ وشكل ٢٨ ا ، ب ، حـ .



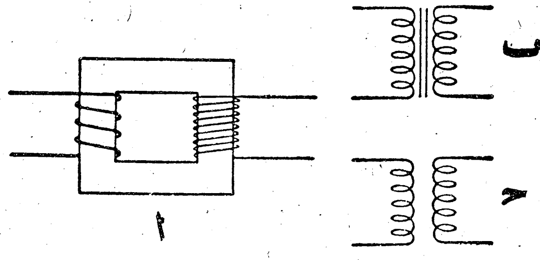
شكل (٢٧)

ا — شكل يبين طبقة (على شكل حرف E وحرف I) من الطبقات المتداخلة والتى تكون القلب الحديدى للملف .

ب — شكل منظور يبين إحدى طريقتى تركيب المحول ،فيه الملف الابتدائى والثانوى متحدا المحور .

حـ — شكل منظور يبين طريقة أخرى لتركيب المحول حول ضلعين متقابلين من الاطار المكون للقلب الحديدى .

ووجود هذه المادة المغناطيسية يزيد من حث كل من الملفين ، بحيث يمكن استخدام ملف ابتدائى عدد لفاته قليل لإحداث تيار ذى شدة قليلة وجهد كبير ووجود القلب المغلق المبين بالرسم يضمن أن كل خط من خطوط القوى الذى يتولد حول الملف الابتدائى يقطع لفات الملف الثانوى .



شكل (٢٨)

ا — رسم مقطع لمحول لبيان الملف الابتدائى والملف الثانوى .
ب — الرسم الرمزى للمحول ذى القلب الحديدى
ﺣ — الرسم الرمزى للمحول ذى القلب الهوائى .

وتستخدم المحولات التى تصمم على هذا الأساس فى دوائر القدرة الكهربية ودوائر التردد المنخفض المسموع .

وسنقتصر فى هذا الجزء على هذا النوع من المحولات .

النسبة بين الجهد أو التيار وعدد اللفات فى المحولات :

يتكون التيار التأثيرى فى الملف الثانوى بحيث تكون النسبة بين :

$$\frac{\text{الجهد التأثيرى فى الملف الثانوى}}{\text{الجهد الأصلى فى الملف الابتدائى}} = \frac{\text{عدد لفات الملف الثانوى}}{\text{عدد لفات الملف الابتدائى}}$$

ويمكن التعبير عن العلاقة السابقة بدلالة التيار فتصبح هذه العلاقة كما يأتى :

$$\frac{\text{شدة التيار التأثيرى فى الملف الثانوى}}{\text{شدة التيار الأصلى فى الملف الابتدائى}} = \frac{\text{عدد لفات الملف الابتدائى}}{\text{عدد لفات الملف الثانوى}}$$

مثال : إذا كان هناك محول عدد لفات ملفه الابتدائى ٤٠٠ لفة والثانوى ٢٨٠٠ لفة ووصل ملفه الابتدائى بمصدر للجهد المتردد قدره ١١٥ فولت فإن

الجهد الثانوى يصبح مساويا $\frac{٢٨٠٠ \times ١١٥}{٤٠٠}$ = ٨٠٥ فولت

وبديهى أنه لو وصل جهد قدره ٨٠٥ فولت إلى الملف الثانى (٢٨٠٠ لفة) فسوف يتكون جهد قدره ١١٥ فولت إلى الملف الآخر (٤٠٠ لفة) .

أى أنه يمكن استخدام أى من ملفى المحول كملف ابتدائى فيكون الآخر ثانويا ويلاحظ أنه إذا استخدم المحول لرفع جهد قليل بنسبة معينة فإن التيار الناتج ينخفض بنفس النسبة .

كفاءة المحول

لا يمكن لأى محول أن يستحدث قدرة كهربية من العدم ولكنه يقوم فقط بعمليتى تحويل للقدرة ونقل لها ، إذ أنه فى الدائرة الابتدائية تتحول الطاقة الكهربية إلى طاقة مغناطيسية وهذه تنتقل إلى الملف الثانوى حيث تتحول إلى طاقة كهربية وعلى ذلك فإن القدرة التى يمكن أخذها من الملف الثانوى لايمكن أن تزيد على القدرة الداخلة إلى الملف الابتدائى من المصدر الكهربى للتيار المتردد . ولكن هناك برغم ذلك كمية من القدرة يستهلكها الملف الابتدائى نتيجة لمقاومة أسلاكه ، وهناك كمية أخرى من القدرة تستهلك بواسطة صفائح الحديد المكونة لقلب المحول . وعلى ذلك ففى كل الحالات تكون القدرة التى يأخذها المحول من المصدر الكهربى أكبر بكثير من القدرة التى تؤخذ من ملفات الملف الثانوى .

والنسبة بين أقصى قدرة يمكن أخذها من الملف الثانوى والقدرة التى تمر فى الملف الابتدائى من مصدر التيار تسمى كفاءة المحول . T-Effeciency

أى أن الكفاءة = $\frac{\text{أكبر قدرة تخرج من المحول}}{\text{القدرة الداخلة إلى المحول}}$

والكفاءة دائما أقل من واحد صحيح ويعبر عنها عادة بنسبة مئوية فيقال مثلا : إن كفاءة محول ٦٥, أو ٦٥٪.

ويلاحظ أن القدرة الناشئة من مرور التيار فى الملف الابتدائى للمحول لا تستهلك الا إذا استنفذت كمية من القدرة بواسطة توصيل الملف الثانوى بجزء يقوم باستهلاك هذه القدرة .

وتختلف كفاءة المحولات المستخدمة فى أجهزة الإرسال والاستقبال اللاسلكية باختلاف حجم المحول وتصميمه وهى تتراوح بين ٦٠٪ و ٩٠٪

الممانعة فى المحولات

إذا استخدم تيار كهربائى فى الملف الابتدائى لمحول فإنه يعانى معارضة (تنشأ عن مقاومة أسلاك الملف الابتدائى بالاضافة إلى رد فعل الملف الابتدائى كما سبقت الإشارة إلى ذلك .) وتسمى هذه الممانعة بممانعة الدخول Input Impedance

وعندما يستخدم التيـــار الخارج من الدائرة الثانوية فى غرض من الأغراض بتوصيل ملفهـــا الثانوى بدائرة كهربية تقوم باستهلاك القدرة الكهربية الخارجة من هـــذا الملف . تسمى هذه الدائرة بدائرة الحمل Load Circuit فالممانعـة الناشئة من هذا الحمل تسمى ممانعـــة الخروج output Imp.

وهناك علاقة بين ممانعة الخروج وممانعة الدخول بدلالة عدد لفات كل من الملف الثانوى والملف الابتدائى * .

وباختيار نسبة ملائمة من عدد اللفات لمحول يمكن أن نغير من ممانعة الحمل فى الحدود العملية اللازمة ، وتسمى هذه العملية بعملية توفيق الممانعة matching

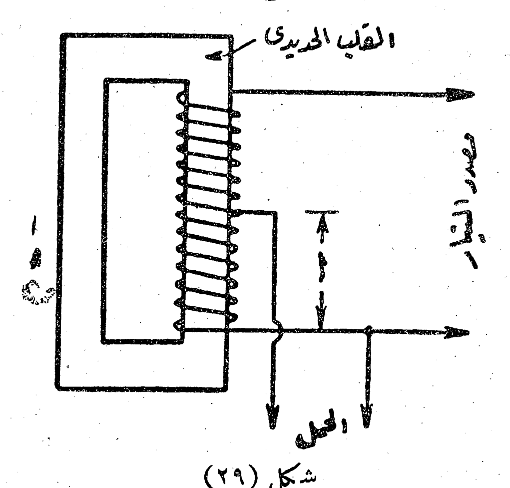
---

* $\frac{\text{ممانعة الخروج (أو الحمل)}}{\text{ممانعة الدخول}} = \frac{\text{مربع عدد لفات الملف الثانوى}}{\text{مربع عدد لفات الملف الابتدائى}}$

ويلاحظ أن هذه العلاقة تنطبق على محول مثالى أى لا يحدث فيه أى فقد للقدرة الكهربية عند انتقالها من الملف الابتدائى إلى الملف الثانوى . ويلزم عند تصميم المحول أن تكون كمية القدرة المفقودة داخليا فيه أقل ما يمكن ، كما يجب أن يكون رد فعـــل الملف الابتدائى صغيرا بالنسبة للتيار الداخل .

المحولات الذاتية

يمكن تركيب محول ذى ملف واحد بدلا من ملفين منفصلين ، كما هو مبين بالرسم (شكل ٢٩) ويسمى هذا النوع بالمحول الذاتى . auto - transformer



شكل (٢٩)

المحول الذاتى : نسبة جهد الحمل إلى جهد المصدر كالنسبة بين عدد اللفات المتصلة بالمصدر إلى عدد اللفات المتصلة بالحمل .

وكل النظريات التى بنى عليها المحول العادى التأثيرى تنطبق تماماً على المحول الذاتى .

وشدة التيار المـار خلال الجزء (ا) من الملف المبين بالرسم يساوى الفرق بين شدة التيار المـار فى الملف الابتدائى وشدة تيار الحمل لأن كلا من هذين التيارين خارج عن الطور بالنسبة لبعضهما .

فإذا كان تيار المصدر مساويا لتيار الحمل تقريبا فإن الجزء المشترك من اللفات يمكن أن يكون عدد لفاته قليلا ، ويمكن أن يكون الأمر كذلك إذا كان جهد المصدر لا يختلف كثيرا عن جهد الحمل .

وتستخدم المحولات الذاتية عادة ، فى تقليل جهد مصدر التيار الكهربى العام بكميات قليلة نسبياً .

التحصيل GAIN

التحصيل نسبة يمكن بواسطتها معرفة مقدار التكبير الذى يحدثه أى جهاز يقوم عمله على التيارات الكهربية .فتحصيل القدرة هو النسبة بين القدرة التى تخرج من الجهاز والقدرة الداخلة فيه وقد تسمى قوة التكبير . وتحصيل التيار هو النسبة بين شدة التيار الخارج وشدة التيار الذى يدخل الجهاز . وتحصيل الجهد هو النسبة بين جهد الحمل وجهد التيار الذى يصل إلى الجهاز . ويستخدم اصطلاح التحصيل كثيراً عند دراسة خواص جهاز تكبير يستعمل فيه الصمامات الالكترونية أو الترانزستور . كما يستخدم هذا الإصطلاح بالنسبة لشدة الصوت الناتجة من التكبير فى التيار . وثمة ملاحظة بالنسبة لشدة الصوت يجدر مراعاتها وهى أنه لو كان نتيجة مرور تيار معين حدوث صوت بشدة معينة ثم زيدت شدة التيار إلى الضعف مثلا فلا ينتج من ذلك أن تزيد شدة الصوت إلى الضعف أيضاً بل وجدت هناك علاقة (*) رياضية يمكن تلخيصها فيما يلى .

تحصيل شدة الصوت (أى نسبة شدة الصوت ثانياً إلى شدة الصوت أولا = ١٠ لوغاريتم تحصيل القدرة (قوة التكبير)

(*) رسمت منحنيات تمثل العلاقة بين تحصيل شدة الصوت وبين تحصيل القدرة (قوة التكبير) ومنها استنتجت العلاقة السابقة .

ومن المعادلة السابقة ينتج أن تحصيل شدة الصوت = ١٠ لو $\frac{\text{قدرة التيار الخارج}}{\text{قدرة التيار الداخل}}$

وقد اختير لتحصيل شدة الصرت وحدة تسمى « البل » (نسبة إلى العالم الانجليزى جراهام بل) . والوحدة العملية الكثيرة الاستعمال هى الديسى بل = $\frac{1}{10}$ الوحدة السابقة ومن العلاقة السابقة يمكن حساب تحصيل شدة الصوت من معرفة قوة التكبير . وهناك علاقات رياضية مماثلة لإيجاد شدة الصوت بعد معرفة التكبير للجهد وتكبير شدة التيار * .

مثال (١) : إذا كانت النسبة بين القدرة الخارجة والقدرة الداخلة = ٤ : ١ فما هو تحصيل شدة الصوت .

بتطبيق المعادلة السابقة نجد أن تحصيل شدة الصوت فى هذه الحالة = + ٦ ديسى بل .

مثال (٢) : إذا كانت النسبة بين القدرة الداخلة والقدرة الخارجة = ٤ : ١ فما هو تحصيل شدة الصوت .

بتطبيق المعادلة السابقة نجد أن تحصيل شدة الصوت فى هذه الحالة = — ٦ ديسى بل .

مثال (٣) : إذا كانت النسبة بين جهد التيار الخارج وجهد التيار الداخل = ٤ : ١ فما هو تحصيل شدة الصوت .

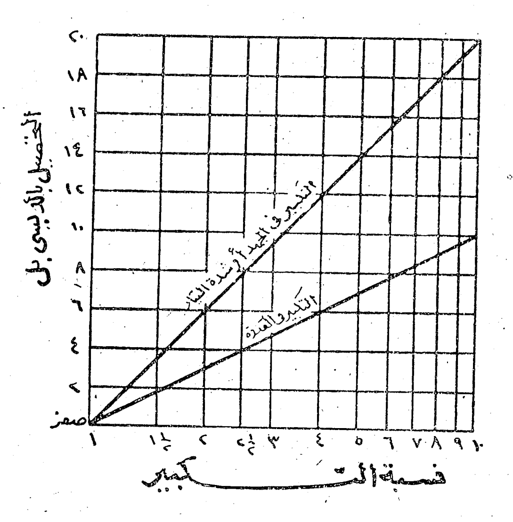
بتطبيق المعادلة الموجودة فى أسفل الصفحة نجد أن تحصيل شدة الصوت = ١٢ ديسى بل .

(*) تحصيل شدة الصوت = ٢٠ لو $\frac{\text{الجهد الخارج}}{\text{الجهد الداخل}}$ = ٢٠ لو $\frac{\text{شدة التيار الخارج}}{\text{شدة التيار الداخل}}$

مثال (٤) : إذا كانت النسبة بين شدة التيار الخارج وشدة التيار الداخل = ٤ : ١ فما هو تحصيل شدة الصوت :

بتطبيق المعادلة الموجودة فى أسفل الصفحة السابقة نجد أن تحصيل شدة الصوت = ١٢ ديسى بل .

ومن الأمثلة السابقة نرى أن شدة الصوت سوف تزيد بمقدار ٦ مرات عند ما يزيد التيار الخارج عن التيار الداخل بمقدار ٤ مرات . وهناك رسم بيانى خاص شكل (٣٠) يمكن بواسطته معرفة أقصى ما يمكن أن تصل إليه

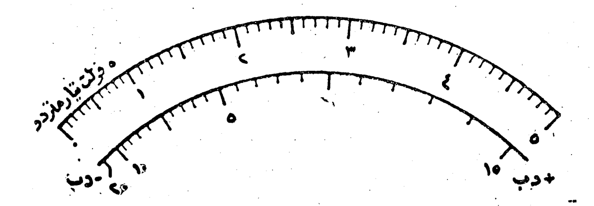


شكل (٣٠)

رسم بيانى يبين العلاقة بين التحصيل بالديسى بل وقوة تكبير القدرة أو تكبير أى من شدة التيار أو الجهد

شدة الصوت بزيادة القدرة الخارجة من الجهاز عن القدرة الداخلة بأقصى ما يمكن الحصول عليه من الجهاز ومن هذا الرسم يمكننا أن نرى أنه إذا زاد تحصيل القدرة فى المثال السابق بمقدار ١٠ مرات فإن الصوت لن يزيد إلا بمقدار مرتين وثلثى مرة فقط (إذا كانت قوة التكبير للقدرة ٤٠ : ١ فإن تحصيل شدة التيار تصبح ١٦ أى تزيد عن القدر الأول بمقدار $\frac{١٦}{٦} = ٢ \frac{٢}{٣}$) .

وهناك مقياس عملى لتعيين قوة تحصيل الصوت بالديسى بل مباشرة وتدريجه مبين بالشكل (٣١) ويلاحظ أن تدريج شدة الصوت غير متطابقة



شكل (٣١)

التدريج الموجود على المقياس المستخدم فى قراءة التحصيل بالديسى بل مباشرة

مع تداريج الجهد الذى يقيسه الجهاز ومن الملاحظ كذلك أن تدريج الصفر لشدة الصوت على التدريج السفلى تقابل جهداً قدره ١ فولت على التدريج العلوى وكل قراءة بعد الصفر ناحية اليمين يشار إليها بعلامة (+ دب) وكل قراءة قبل الصفر تعطى إشارة (— دب) .



النظرية الذرية الحديثة

إن عالمنا المادى يحتوى على أشياء كثيرة جدا مثل الخشب والحديد والزجاج والسكر وكل منها نسميه مادة . ونحن نعنى بالمادة كل شىء يشغل حيزا من الفراغ وله وزن . ولنأخذ مثلا بسيطا من أمثلة هذه المواد (الماء) إذا أخذنا كمية من الماء وأمكننا أن نقسمها إلى أقسام صغيرة وظللنا فى عملية التقسيم فسوف نصل ولو نظريا إلى جزء صغير من الماء لا يمكننا أن نقسمه إلى أصغر منه بالطرق العادية لعمليات التقسيم والفصل . وهذا الجزء الصغير جدا يظل محتفظا بخواص الماء الأصلية من حيث لونه وطعمه وخواصه الكيميائية . ونسمى هذا الجزء المتناهى فى الصغر بالجزىء

وإذا أمكننا إمرار تيار كهربى فى الماء فإن هذا الجزىء من الماء سوف يتحلل إلى غازين هما الأكسوجين والايدروجين وهما لا يشبهان الماء فى أى من خواصه بل هما أبسط منه تركيبا . ونسمى المواد التى يمكن أن تتحلل بالكهربية أو بغيرها من الوسائل إلى ما هو أبسط منها مثل الماء بالمركب Compound ونسمى المادة التى لا يمكن أن تتحلل إلى أبسط منها بالعنصر Element وأصغر جزء من المركبات هو الجزىء Molecule .

ولكن الجزىء من المواد المختلفة قد يحتوى على وحدة أصغر منه أو مجموعة الوحدات تسمى الذرات Atoms وقد تكون مختلفة وذلك فى حالة ركبات ، أو متشابهة كما فى حالة العناصر . ويجب أن يلاحظ أن جزىء المركب ى على الأقل على ذرتين مختلفتين فى نوعيهما .

وهناك أنواع كثيرة من الجزيئات كما أن هناك أنواعا كثيرة من المواد .

ولكن لا يوجد فى العالم غير ٩٢ عنصرا وبذلك لا يكون هناك غير ٩٢ ذرة . وعندما نذكر ذلك لا بد أن ننوه عن جهود العلماء الذين فتحوا آفاق الطاقة الذرية خلال السنوات الأخيرة ، وأمكنهم أن يحولوا العناصر إلى بعضها البعض ، بل وأمكنهم استنباط عناصر جديدة من العناصر القديمة الموجودة . ولقد وصل عدد العناصر المستنبطة حديثا إلى عشرة عناصر أمكن استخدامها وبذلك أصبح مجموع العناصر المعروفة ١٠٢ عنصرا . كما أنه يمكننا استخدام أنواع مختلفة من اللبنات لبناء عمارة مثلا ،فإنه يمكننا كذلك استخدام عدة أنواع من الذرات لتركيب الجزيئات . ومعظم المواد المعروفة للإنسان تتكون من عدد قليل من العناصر أو الذرات المختلفة الأنواع مرتبطة مع بعضها بنسب مختلفة .

ولقد كان العالم الإنجليزى جوزيف تومسون J. J. Thomson سنة ١٨٩٧ أول من أعلن أن الذرات إذا أحيطت بظروف خاصة فإنه يمكنها أن تطلق أجزاء متناهية الصغر ، وكان ذلك حدثا كبيرا قضى على الاعتقاد بأن الذرة هى أدق شىء فى الوجود وأنها لا تتحلل إلى ما هو أبسط منها ، وقد سميت هذه الأجزاء الصغيرة بالألكترونات Electrons وهذه الألكترونات كلها متشابهة بغض النظر عن المواد التى تنطلق منها .

وعندما توالت بحوث العلماء فى موضوع تجزىء الذرة أخذوا يتعمقون فى دراسة تكوين الذرة للوصول إلى أسرارها ، ونتيجة لهذه الدراسة قاموا بوضع نظريتهم المسماة بالنظرية الألكترونية والتى يمكن بواسطتها فهم تركيب المادة . وعندما وضعت هذه النظرية كانت فى أبسط صورها تذكر أن الذرة مكونة من نواة تحتوى على ما نسميه البروتونات التى تكون الجزء الأكبر من المادة وهى موجودة فى المركز ولها شحنة كهربية موجبة ، ويدور حول النواة مجموعات من أجزاء صغيرة من المادة مشحونة بشحنات سالبة وتسمى الألكترونات .

هذا وقد تبين بعد ذلك أن الذرة لا تحتوى فقط على ماسبق ولكنها كذلك تحتـــوى على أجزاء أخرى مثل النيوترونات Neutrons والميزوترونات Mesotrons والبوزيترونات Positrons والنيوترينو Neutrino والأنتى بروتونات Anti- Protons وبذلك يجب أن يكون مفهوما أن عبارة النظرية الألكترونية تشمل كل المعلومات التى أصبحت معروفة عن التركيب الذرى .

وفيما عدا الألكترونات والبروتونات والنيوترونات فإن الأجزاء الأخرى التى ذكرناها لا توجد فى الذرة فى الأحوال العادية ولكنها تظهر لمدة قصيرة عند تحطيم الذرة أو أنه يمكن استنباطها بطرق علمية خاصة . والأجزاء التى سنتعرض لها فى نطاق هذا الكتاب وسوف نقتصر على توضيحها هى الألكترونات والبروتونات والنيوترونات .

وحسب النظرية الالكترونية تتكون الذرة من ثلاثة أجزاء رئيسية :

١ — الألكترونات وهى محملة بشحنة سالبة .

٢ — البروتونات وهى محملة بشحنة موجبة ويبلغ وزن البروتون ١٨٤٠ مرة قدر وزن الألكترون .

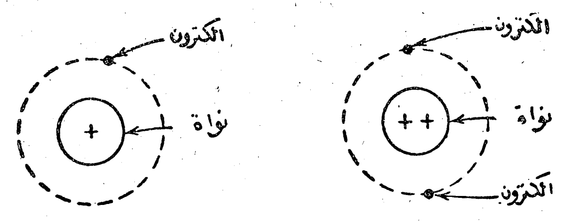
٣ — النيوترون ولا يحمـــل أية شحنة كهربية ووزنه يساوى وزن البروتون .

وتحتوى جميع الذرات على المكونات الثلاثة السابقة وتختلف الذرات عن بعضها فى عدد هذه المكونات ، وطريقة ترتيبها فى الذرة .

ولقد أعطى نيلزبوهر N. Bohr وهو عالم دانيمركى صورة للذرة وهى صورة مقبولة وما زالت إلى الآن هى الصورة المأخوذ بها فى تركيب الذرة .

وتتركب الذرة من وجهة نظر بوهر من نواة فى وسطها ، يدور حولها

بسرعة كبيرة عدد معين من الألكترونات فى مدارات تشبه مدارت المجموعة الشمسية وتسمى الألكترونات التى تدور حول النواة بالألكترونات المدارية . وتحتوى النواة على جميع البروتونات والنيوترونات التى تكوّن أساسياً كتلة الذرة . وتختلف ذرة عنصر عن ذرة عنصر آخر فى عدد البروتونات والنيوترونات الموجودة فيها . ويسمى عدد البروتونات الموجودة فى نواة الذرة بالعدد الذرى وهو يساوى فى المقدار ويخالف فى نوع الشحنة الألكترونات التى تدور حول النواة ويبدأ العدد الذرى بالرقم (١) للإيدروجين وينتهى عند (٩٢) لليورانيوم وأعلى من ذلك للعناصر الجديدة المستنبطة من اليورانيوم . والرسم شكل ٣٢ ا ، ب يوضح أبسط الذرات وهما ذرة الأيدروجين وذرة الهليوم (وهو العنصر الذى يلى الأيدروجين) ورقمه الذرى (٢) . ويلاحظ أن الشحنات السالبة الموجودة على الألكترونات المدارية مساوية فى مجموعها للشحنات الموجبة الموجودة على البروتونات داخل النواة وبذلك يحصل بينهما تعادل ولا تظهر أى قوة كهربية خارج الذرة وعدد الشحنات السالبة الموجودة خارج النواة تساوى تماما عدد الشحنات الموجودة فى النواة وقد رتبت العناصر حسب عدد الألكترونات المدارية فى الذرة من (١) للأيدروجين إلى ٩٢ لليورانيوم فى جدول خاص يسمى الترتيب الدورى للعناصر .



شكل ٣٢ ب — تركيب ذرة الهليوم

شكل ٣٢ ا — تركيب ذرة الأيدروجين

وكل الذرات فيما عدا ذرة الأيدروجين تحتوى على نيوترونات فتحتوى ذرة الهيليوم على نيوترونين وتحتوى نواة ذرة اليورانيوم على ١٤٦ نيوترون.

ولا يوجد على النيوترون أى شحنة ولو أنه فى بعض الحالات يظهر كما لو كان بروتون مشحونا بشحنة موجبة متحداً مع الكترون مشحون بشحنة سالبة بحيث تعادلت الشحنتان الموجبة والسالبة وبذلك لا تظهر الكهربية عليهما بعد هذا الاتحاد .

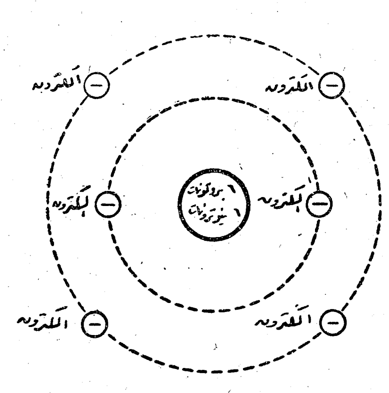
وبالرغم من تساوى عدد البروتونات فى ذرات العنصر الواحد إلا أن بعض ذرات هذا العنصر قد يحتوى على أعداد مختلفة من النيوترونات وبذلك تختلف فى أوزانها الذرية . فمثلا قد وجد أن هناك ثلاثة أنواع من ذرات الأيدروجين فكلها عددها الذرى واحد أى أن عدد البروتونات فى أنويتها متساو وهو بروتون واحد . أما النوع الأول وهو النوع الشائع من الأيدروجين فلا يوجد فى نواة ذرته غير هذا البروتون ولا توجد أية نيوترونات معه . وهناك نوع ثان من الأيدروجين وزنه الذرى (٢) وتحتوى نواة ذرته على بروتون واحد ونيوترون واحد . ونوع ثالث من الأيدروجين وزنه الذرى (٣) وتحتوى نواته على بروتون واحد ونيوترونين وبالرغم من أن هذه الأنواع الثلاثة مختلفة فى أوزانها الذرية إلا أنها متشابهة فى كل الخواص الأخرى للأيدروجين .

وتسمى هذه الذرات المختلفة لنفس العنصر بالنظائر Isotopes . ويعرف لمعظم العناصر نظيران أو ثلاثة نظائر لكل منها . ومن الممتع هنا أن نذكر أن العلماء أمكنهم إستحداث نظائر صناعية للعناصر ، وذلك بقذف ذراتها بالنيوترونات . فمثلا قد أمكن قذف ذرات اليورانيوم ووزنه الذرى ٢٣٨ (٩٢ بروتون + ١٤٦ نيوترون) بالنيوترونات وأمكن لكل ذرة أن تحتفظ بنيوترون واحد بالإضافة إلى ما بها من نيوترونات وبذلك يصبح الوزن الذرى للنظير الجديد لليورانيوم هو ٢٣٩ (٩٢ بروتون + ١٤٧ نيوترون) .

ولنوجه نظرنا الآن نحو الألكترونات الخارجية التى تدور حول النواة فى الذرة . وكما ذكرنا سالفا فإن لكل بروتون يوجد فى النواة الكترون يدور حول النواة ويسمى بالألكترون المدارى ، وبذلك تختلف عدد الألكترونات فى العناصر المختلفة . ويبدأ من الكترون واحد فى حالة ذرة الأيدروجين ويصل إلى ٩٢ الكترون فى حالة ذرة اليورانيوم أو أكثر من ذلك فى العناصر المشعة المستحدثة وتدور هذه الألكترونات فى مدارات مركزية حول النواة تشبه أغلفه قشور البصلة ولكل مدار عدد خاص من الألكترونات لا يتحمل وجـــود عدد أكبر منه فإذا ما زادت هذه الألكترونات عما يلزم لأى من المدارات فإن الألكترونات الزائدة ترتب نفسها فى مدار خارجى جديد والمدار الأول وهو الداخلى القريب من النواة يحتوى على الكترونين فقط . فإذا وجدت فى الذرة ثلاثة الكترونات فإن الألكترون الأخير الزائد سوف يدور فى مدار آخر حول المدار الأول وذى قطر أكبر من الأول . ويمكن للمدار الثانى أن يدور فيه ثمانية الكترونات ثم مدار ثالث يمكن أن يدور فيه ١٨ الكترون . ومع ذلك فإنه فى بعض الذرات المعقدة التركيب نجد أن هناك عدداً من الكترونات تدور فى مدارات خارجية بالرغم من أن المدارات الداخلية لم يكتمل فيها عدد الألكترونات التى يمكن أن تدور عليها .

والرسوم المرفقة تبين الأشكال النظرية لبعض الذرات .

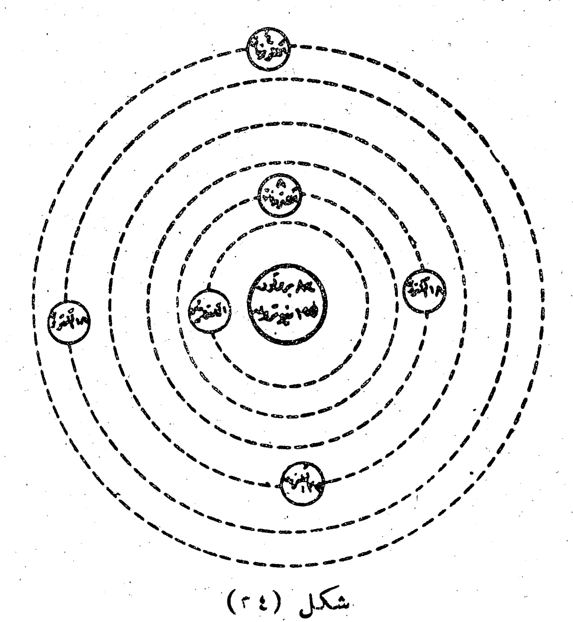
فالرسم شكل ٣٢ ب السابق يمثل ذرة الهليوم تحتوى على بروتونين ونيوترونين ويوجد فى مدارها الوحيد الخارجى الكترونان يدوران حول النواة . والرسم شكل ٣٣ يمثل تركيب ذرة الكربون فالنواة تحتوى على ٦ بروتونات ، ٦ نيوترونات وتدور ٦ الكترونات حول النواة فى مدارين الكترونان فى مدار داخلى قريب من النواة و ٤ الكترونات فى مدار



شكل (٣٣)
التركيب النظرى لذرة الكربون

خارجى يبعد عن النواة . وتعتبر المدارات على العموم مدارات بيضاوية ولكنها مرسومة هنا رسما دائريا لسهولة الرسم . أما الرسم شكل ٣٤ فيمثل ذرة الرصاص . وعدد الألكترونات المدارية ٨٢ الكترون رتبت نفسها فى ٦ مدارات حول النواة بالترتيب التالى :

٢ ، ٨ ، ١٨ ، ٣٢ ، ١٨ ، ٤ من الالكترونات .



شكل (٣٤)
تركيب ذرة الرصاص
فى النواه (٨٢ بروتون ؛ ١٢٥ نيوترون) ويدور ٨٢ الكترون فى ستة مدارات حول النواة

ويلاحظ أن الدائرة فى هذا الرسم لا تمثل الكترونا واحداً بل تمثل كافة الكترونات المدار لسهولة التوضيح ، وباستثناء الالكترونات الموجودة فى المدارات الخارجية للذرة ، فإن بقية أجزاء الذرة تترابط فيما بينها ترابطاً قوياً ، ولكى تفصل هذه الاجزاء عن بعضها فإنه تلزم قوة هائلة لإحداث هذا الانفصال .

وأصعب العمليات فى الواقع هى عملية تحطيم الذرة ، أى إحداث انفصال بين مكونات الذرة ، وإذا حدث مثل هذا التحطيم نتجت كميات ضخمة من الطاقة تساوى الطاقة الموجودة فى الذرة واللازمة للمحافظة على ترابط مكونات الذرة بعضها ببعض .

أما إذا حدث أى اضطراب فى هذه الالكترونات الداخلية نتجت عن ذلك بعض الطاقات التى تخرج من الذرة مثل أشعة رونتجن المسماة بأشعة إكس .

وأسهل هذه الأجزاء للتفكك هى الالكترونات الموجودة فى المدارات الخارجية البعيدة عن النواة ، فهى أقل الالكترونات ارتباطا بالنواة نظراً لقلة قوة التجاذب بينها وبين النواة . وكحقيقة علمية ثابتة ، يمكننا القول بأن الالكترونات تدخل فى هذا المدار الخارجى البعيد عن النواة وتخرج منه فى الأحوال العادية بشكل منتظم . وتقترن الالكترونات فى هذا المدار الخارجى بخواص الذرة الكيميائية وما يعتريها من تغيرات طبيعية ، وكذلك فإن هذه الالكترونات الخارجية تحدد الخواص الكهربية للذرة .

ولعلك تتساءل أيها القارئ العزيز عما هو حجم الذرة والجزىء ؟

إن بعض الجزيئات يحتوى على مئات بل آلاف من الذرات . ولو استخدمنا أقوى أجهزة التكبير الميكرسكوبى فإننا لن نتمكن من رؤية

هذه الجزيئات أو الذرات اللهم إلا بعض الجزيئات الكبيرة جداً التى أمكن للإنسان رؤيتها بعد تكبيرها عدة آلاف من المرات .

ولتصوير مدى صغر ذرة الايدروجين، حسب بعض العلماء أنه لو صفت ذرات الايدروجين فى خط واحد بحيث تكون متجاورة ، فإن ٢٥٠ مليون ذرة منها تشغل طولا قدره بوصة واحدة .

ولتصور مدى صغر الالكترون حُسب أنه لو صفت الالكترونات بجوار بعضها فإن ١٠٠٠٠٠ (مائة ألف) الكترون منها تشغل مسافة تساوى قطر ذرة واحدة من الايدروجين.

ولتصوير حجم البروتون أو النيوترون أمكن حساب أنه لو وضع ١٨٠٠ بروتون أو نيوترون بجوار بعضها فإنها تشغل ما يساوى قطر الكترون واحد .

الباب الثالث

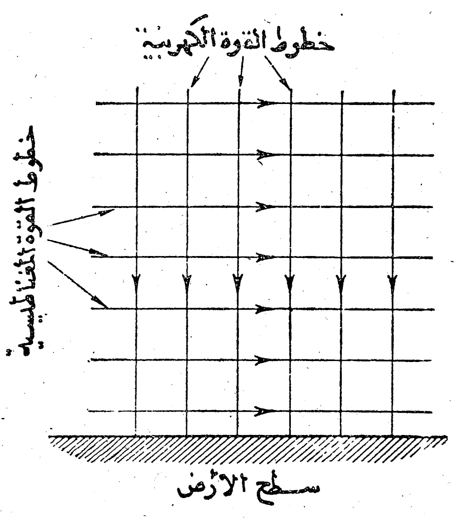
الموجات اللاسلكية

تشبه الموجات اللاسلكية فى طبيعتها كلا من موجات الضوء والحرارة ، وكلاهما من نوع الموجات الكهرومغنطيسية Electro - Magnetic Waves. وتختلف هذه الأنواع الثلاثة عن بعضها فى أطوال موجاتها . فأطوال موجات اللاسلكى أكبر بكثير من أطوال موجات الحرارة وهذه أكبر من أطوال موجات الضوء ، وتنتشر جميع الموجات الكهرومغنطيسية بأنواعها الثلاثة فى الفراغ بسرعة ٣٠٠٠٠٠ كيلو متراً فى الثانية أو ٣٠٠ مليون متراً فى الثانية ، وتتبع هذه الموجات كلها قوانين واحدة من حيث الانعكاس والانكسار .

وتتركب الموجة الكهرومغنطيسية من مجالين متعامدين متحركين أحدهما مجال مغناطيسى والآخر مجال كهربى ، ومستوى هذين المجالين عمودى على مستوى انتشار الموجات . وتمثل الخطوط الرأسية المتعامدة على الأرض فى الشكل (٣٥) خطوط المجال الكهربى أما الخطوط الأفقية الموازية للأرض فتمثل خطوط المجال المغنطيسى . ولا بد أن يظل المجالان الكهربى والمغناطيسى متعامدين مهما تغير إتجاه انتشار الموجة الكهرومغنطيسية .

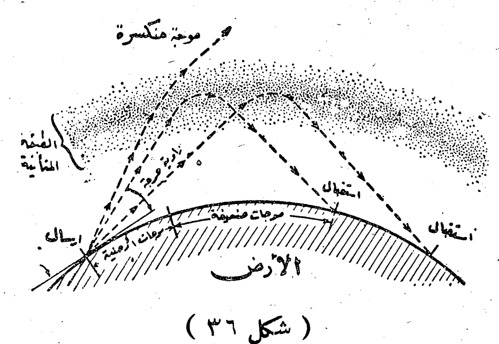
وتنتشر موجات اللاسلكى فى الفراغ بالسرعة التى سبق ذكرها ولكن هذه السرعة تزداد فى الهواء وتقل فى الأوساط العازلة . ولا يمكن لموجات اللاسلكى أن تخترق المواد الموصلة (مثل المعادن) إلا بدرجة محدودة وسبب ذلك يرجع إلى ان خطوط المجال الكهربى سوف تمتص بواسطة المادة

وتنتج قوة دافعة كهربية فى هذا الموصل فى حين أن المواد العازلة لاتمتص شيئاً من هذه الموجات وبذلك تنفذ خلالها .



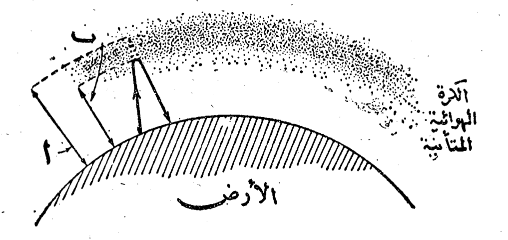
(شكل ٣٥) موجة لاسلكية

وعندما تنتقل موجات اللاسلكى خلال طبقات الهواء التى تختلف فى تركيبها وخواصها فإن هذه الموجات تغير من اتجاه سيرها وقد تنعكس ثانية فى اتجاه مضاد لاتجاه سيرها الأصلى . وتماثل موجات اللاسلكى فى انكسارها (تغيير اتجاهها) وانعكاسها (إرتدادها)، انكسار وانعكاس موجات الضوء . ويرجع انكسار موجات اللاسلكى شكل (٣٦) إلى إختلاف السرعة التى تسير بها فى الأوساط المختلفة .



(شكل ٣٦)
مسار الموجات اللاسلكية وانعكاسها عند سطح الكرة الهوائية المتباينة

ومن العوامل التى تسبب تغيير اتجاه موجات اللاسلكى اصطدامها بجبل وكذلك وجود كرة هوائية متأينة Iono sphere شكل (٣٧) تحيط بالكرة الأرضية وسيأتى وصف تلك الكرة وتأثيرها بعد ذلك .



(شكل ٣٧)
انحناء الموجات اللاسلكية وانعكاسها عند سطح الكرة الهوائية المتأينة

وتختلف شدة الموجات اللاسلكية باختلاف المسافة بين مصدر هذه الموجات (الهوائى فى محطة الإرسال) وبين مكان استقبالها بحيث تزداد شدة الموجات كلما اقتربنا من المصدر وتقل بالبعد عنه ويلاحظ مثلا أن استقبال الموجات اللاسلكية التى تذيع عليها محطة القاهرة يكون ضعيفاً فى المنيا وذلك لكبر المسافة بينها وبين القاهرة (٢٧٠ كيلو متر) ولذلك فقد قامت حكومة الجمهورية العربية المتحدة ببناء محطة إرسال فى المنيا لتقوية هذه الموجات المرسلة من محطة القاهرة ، ويشبه ضعف موجات اللاسلكى ببعدها عن المصدر ،ضعف موجات الماء لبعدها عن مكان الحجر الذى يصيب الماء ويسبب هذه الموجات .

وتنقسم موجات اللاسلكى من حيث الأوساط التى تنشر فيها إلى ثلاثة أنواع : —

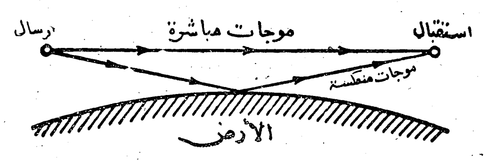
١ — موجات الكرة الهوائية المتأينة

وتشمل الموجات التى تصل إلى هذه الطبقة وتستمر فى اختراق هذه الطبقة أو تنحنى عندها أو تنعكس إلى الأرض ، ويتوقف ذلك على حالة هذه الطبقة وطول الموجة اللاسلكية الصادرة إليها .

٢ — موجات هوائية :

وتشمل الموجات التى تنتقل خلال الطبقة الهوائية التى تحيط بالأرض فقد تنكسر هذة الموجات أو تنعكس عندما تصادف كتلا هوائية مختلفة فى درجة حرارتها أو درجة رطوبتها .

٣ — موجات أرضية شكل (٣٨) :



(شكل (٣٨)

الموجات الصادرة من محطة ارسال وتصل إما مباشرة إلى جهاز الاستقبال ؛ أو بعد انعكاسها عن سطح الأرض

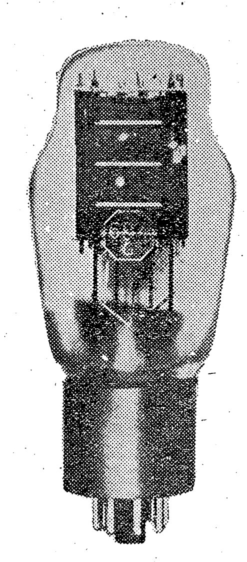
وتشمل جزءاً من الموجات التى يشعها المصدر وهى تتأثر بحالة الأرض وشكلها من حيث الارتفاع والانخفاض وتنعكس على سطح الأرض إلى أعلى الطبقات الهوائية المتأينة .

وتوجد حول كرتنا الأرضية مجموعة من الكرات الهوائية المتأينة وتبعد أقرب هذه الطبقات عن سطح الأرض مسافة ٦٠ ميلا وهى مكونة من أيونات من الغازات المكونة للهواء نتجت بفعل الاشعة الفوق البنفسجية التى تصل من الشمس والتى تسبب فصل بعض الالكترونات من المدارات الخارجية لذرات الغاز وتطلقها بعيداً عن ذراتها مما يسبب ظهور شحنات موجبة على على هذه الذرات ونظراً لأن الهواء فى هذه المنطقة يعتبر كثيفاً بالنسبة للمناطق العلوية الأخرى فإن تركيز الأيونات فيها يصبح أكبر منه فى أى طبقة أخرى. وتسمى هذه الطبقة المتأينة E. Layer وهناك طبقة أخرى وتسمى هذه الطبقة المتأينة F. Layer وتنفصل هذه الطبقة إلى منطقتين الأولى على إرتفاع ١٤٠ ميلا والأخرى على إرتفاع ٢٠٠ ميلا أثناء النهار ويرجعان إلى الاتحاد بالليل لتكوين طبقة واحدة .

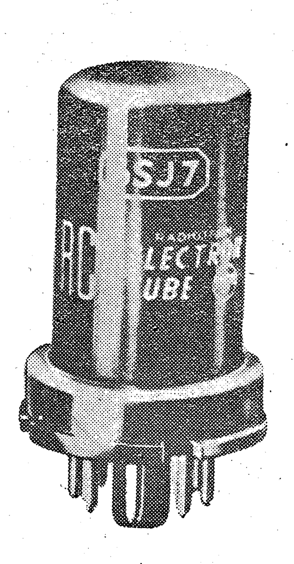
الباب الرابع

الأنبوبة الالكترونية Electronic Tube

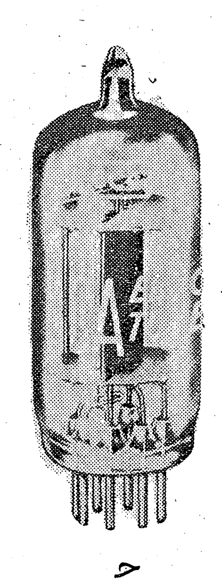
تتكون الأنبوبة الالكترونية (ومن أشكالها الصمام العادى المستعمل فى أجهزة اللاسلكى شكل ٣٩ ا ، ب، حـ) من أنبوبة زجاجية أو معدنية مقفلة مفرغة من الهواء أو مملوءة بغاز معين قد لحم بداخلها قطبان أحدهما يعتبر مصدراً للإلكترونات ويسمى بالطرف الباعث أو المهبط (الكاثود) والآخر يقوم بجذب الالكترونات إليه ويسمى اللوح أو المصعد (الأنود) يوصل دائماً بجهد كهربى موجب لكى يقوم بعمله .



ا



ب



حـ

شكل (٣٩)

(ا) صمام ثلاثى بثمانية أرجل وغلاف زجاجي .

(ب) صمام ثلاثى بثمانية أرجل وغلاف معدنى .

(ج) صمام ثلاثى صغير بسبعة أرجل .

وهناك ثلاثة طرق تتبع فى الأنبوبة الالكترونية لإطلاق الالكترونات من المهبط .

١ — التسخين : تقوم الحرارة ببعث الإلكترونات من المهبط وهى الطريقة الشائع استعمالها فى الصمامات التى تسخن مهابطها باستخدام التيار المستمر فى أجهزة الراديو العادية .

٢ — استخدام جهد كهربى عال يوصل بالمصعد : فيقوم بسحب الالكترونات من المهبط ويسمى الصمام فى هذه الحالة بالصمام ذى المهبط البارد Cold Cathode. وتستخدم هذه الطريقة فى بعض الصمامات التى تدخل فى عمل المجددات لفتح وإغلاق الدوائر الكهربية ، كما تستخدم فى بعض أنواع أنابيب توليد أشعة رونتجن (اكس) .

٣ — الضوء : بعض العناصر مثل الصوديوم والبوتاسيوم والسيزيوم تنطلق منها الالكترونات عند تعريضها للأشعة الضوئية المنظورة (ألوان الضوء السبعة) وغير المنظورة (الأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء) وتسمى هذه الظاهرة بالتأثير الضوئى الكهربى Photo - electric effect .

وعندما تنطلق الالكترونات من المهبط وتتجه فى طريقها إلى المصعد تكون إذ ذاك فى درجة كبيرة من الحرية ويمكن التحكم فى الكمية منها التى تمر إلى المصعد عن طريق إمرارها خلال قطعة مثقبة من المعدن تسمى الشبكة .

فإذا وصلت هذه الشبكة بجهد موجب زادت سرعة الالكترونات التى تصل إلى المصعد ويزداد بذلك التيار المار من المهبط إلى المصعد ، أما إذا وصلت هذه الشبكة بجهد كهربى سالب فإن الالكترونات تمتنع عن المرور إلى المصعد وتقل بذلك شدة التيار المار من المهبط إلى المصعد وعند مرور

الالكترونات من المهبط إلى المصعد ينتج مجال مغناطيسى حولها ويتأثر بمجال مغناطيسى خارجى يمكن بواسطته التحكم فى سير هذه الالكترونات من المهبط إلى المصعد .

وتسمى الأنبوبة التى تحتوى على المهبط والمصعد وأى عدد من الشبكات التى يمكن وضعها بينهما فى طريق الالكترونات بالصمام الاكترونى .

الصمام الثنائى DIODE

يحتوى هذا الصمام على قطبين فقط أحدهما مهبط والآخر مصعد ، ويرمز للمهبط فى الرسم بالرمز ⏋ وللمصعد ⊤ ⊥ والغلاف الخارجى ○

أما رمز الصمام كله انظر شكل (٤٢) . وتوضع نقطة بجانب المهبط أو المصعد لترمز إلى أن هذا النوع يحتوى على غاز بداخله .

وهناك عدة أنواع من المهابط التى يمكنها إطلاق الالكترونات وهى :

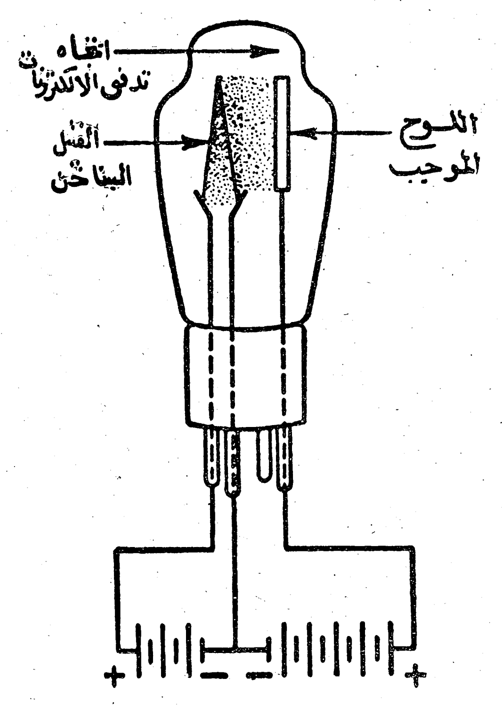
١ — الفتيل : يصنع على هيئة سلك رفيع من التنجستن وبمرور التيار فيه يسخن إلى درجة الاحمرار وهو يشبه عند إضاءته المصباح الصغير الذى يوضع بالليل بجانب السرير (السهارى) . وعند استعمال الفتيل لإطلاق الالكترونات فى الصمام فإنه يلزم إمرار تيار خاص به يختلف عن التيار الناتج عن مرور الالكترونات من الفتيل إلى المصعد . ويرمز للفتيل بالرمز ∩

٢ — المهبط المسخن تسخيناً غير مباشر : ويتكون المهبط فى هذه الحالة من أنبوبة معدنية تغطى من الخارج ببعض المواد الكيميائية (مثل أكسيد الباريوم أو الاسترنشيوم) التى يمكنها أن تطلق الالكترونات بسهولة عند تسخينها . ويقوم بتسخين هذه الأنبوبة فتيل خاص يوضع بداخلها ويمر به تيار كهربى . ولا يوجد أى اتصال كهربى بين المهبط والفتيل بل إنهما معزولان عن بعضهما . ويسمى الفتيل فى هذه الحالة بالمسخن وليس له عمل

إلا تسخين المهبط إلى درجة حرارة كافية لإطلاق الالـكترونات منه ويلاحظ هنا أن المهبط يدخل فى دائرة المصعد فقط .

٣ — مهبط الزئبق : وهو عبارة عن تجويف فى الزجاج توضع به كمية من الزئبق وبجانبه قطب معدنى خاص . فإذا وصل الزئبق والقطب المعدنى بمصدر التيار ذى جهد عال حدثت بينهما شرارة كهربية ذات درجة حرارة عالية تحول الزئبق إلى بخار يمكن أن تنطلق من ذراته كمية كبيرة من الالـكترونات ويستخدم الصمام الثنائى من هذا النوع فى بعض الأغراض الصناعية التى يحتاج فيها إلى تيار شديد .

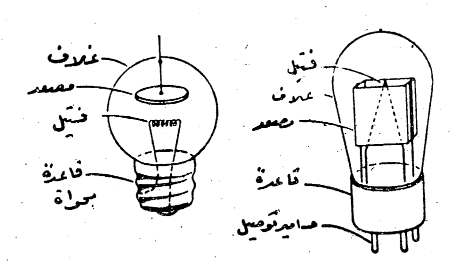
ويوصل المصعد (شكل ٤٠) بجهد كهربى موجب لـكى يمكنه أن يجذب إليه الالـكترونات التى تنطلق من المهبط . وكلما زاد جهد المصعد كلما زاد



شكل (٤٠)

الصمام الثنائى . يبين الشكل إنبعاث الالـكترونات من الفتيل وانجذابها نحو اللوح .

عدد الالكترونات التى تصل إليه أى يزيد تيار المصعد . ولكن هذا الجهد المتصل بالمصعد يحدد بمقدار الالكترونات التى يطلقها المهبط . وعندما تصطدم الالكترونات بسطح المصعد فإنها تسبب توليد كمية من الحرارة يلزم التخلص منها ولذلك فإن المصعد يصنع من مواد تقاوم هذا التأثير الحرارى لاصطدام الالكترونات مثل الجرافيت والنيكل والتنجستن والموليبدينوم والتانتالوم . وفى بعض أنواع الصمامات الكبيرة يبرد المصعد بتيار من الهواء المضغوط أو بتيار من الماء . وأما حجم المصعد فيتوقف على كمية الحرارة التى يجب التخلص منها . ويكتفى فى بعض الصمامات (شكل ٤١) بقرص صغير من المعدن يستعمل كمصعد يوضع بجوار الفتيل ،



شكل (٤١)

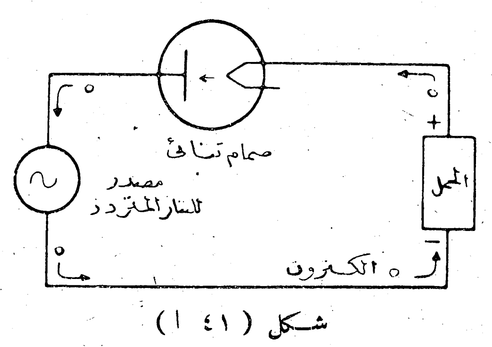
الصمام الثنائى : صمامين لبيان شكلى من أشكال المصعد

وفى بعضها يكون المصعد على هيئة اسطوانة أو علبة مضلعة تحيط بالفتيل ، ويقوم بتوصيل الأجزاء الداخلية للصمام بالدوائر الخارجية أسلاك معدنية تلحم فى الزجاج ثم توصل بأطراف معدنية مثبتة فى قاعدة من مادة عازلة وتثبت الصمامات فى أماكنها من الأجهزة فى القواعد الخاصة ذات أطراف معدنية تلائم أنواع القواعد المستعملة فى هذه الصمامات وذلك حتى لا تتلف أطراف توصيل الصمامات إذا لحمت بالدوائر الخارجية .

عمل الصمام الثنائى :

يوصل الصمام الثنائى فى دائرة مثل المبين بالرسم السابق (شكل ٤٠) وفيه يوصل الفتيل بدائرة كهربية خاصة به تحتوى عليه وعلى بطارية تكون ذات جهد منخفض عادة تقوم بتسخينه عند مرور التيار الكهربى به ، فتنطلق الالكترونات منه . فإذا وصل المصعد الآن بالقطب الموجب لبطارية ثانية ذات جهد عال ووصل الطرف السالب لهذه البطارية بالفتيل (الطرف المتصل بالقطب السالب للبطارية الأولى) فسوف تنجذب الالكترونات نحو المصعد مكونة تيارا يسمى تيار المصعد . وإذا عكسنا توصيل البطارية الثانية بحيث يتصل طرفها السالب بالمصعد وطرفها الموجب بالفتيل فإن الالكترنات التى تخرج من المهبط سوف ترتد إليه ثانيا بفعل قوة الطرد الناشئة عن وجود الشحنة السالبة على المصعد ويمتنع فى هذه الحالة مرور تيار المصعد .

فإذا استبدلنا البطارية الثانية فى الدائرة السابقة بمصدر للتيار المتردد شكل (٤١ ا) فإن الالكترونات سوف تمر إلى المصعد خلال نصف دورة ،

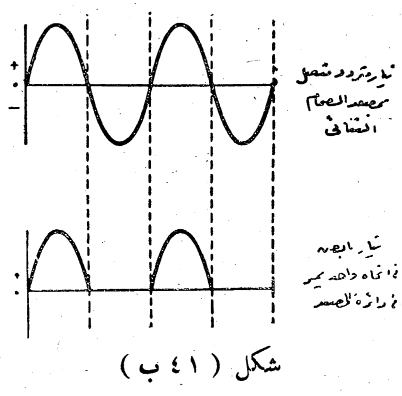


شكل (٤١ ا)

دائرة تقويم لنصف موجة بواسطة صمام ثنائى واحد

(عندما يكون طرف التيار المتصل بالمصعد هو الموجب) وينقطع مرور الالكترونات إلى المصعد خلال النصف الآخر من الدورة (عندما يكون طرف التيار المتصل بالمصعد هو السالب) .

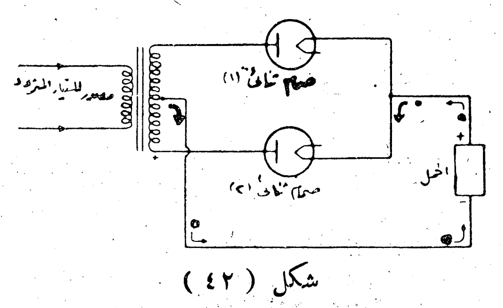
وبذلك ينتج تيار للمصعد فى اتجاه واحد ولكنه نابض كما هو مبين بالجزء السفلى من شكل (٤١ ب) وتسمى عملية تحويل التيار المتردد إلى تيار مستمر بعملية التقويم أو التوحيد Rectification ويسمى الصمام الثنائى الذى يقوم بهذه العملية صمام التقويم (مقوم) أو صمام التوحيد (موحد).



شكل (٤١ ب)

المنحنى البيانى الذى يبين كيفية تقويم نصف الموجة

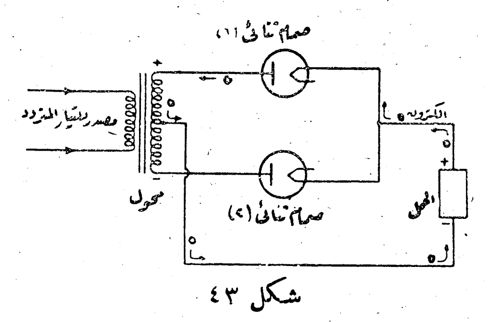
وإذا وصل الصمام المقوم بمصدر للتيار المتردد على التوالى بحمل فإن التيار النابض الذى يمر خلال الحمل يكون فقط أثناء نصف موجة ويسمى الصمام فى هذه الحالة مقوم لنصف موجة.



شكل (٤٢)

دائرة تقويم للموجة الكاملة بواسطة صمامين أثناء نصف دورة

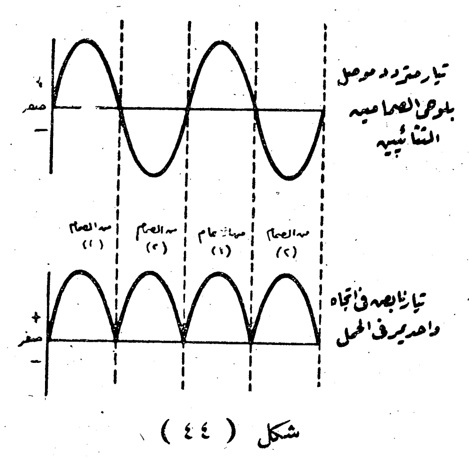
ويمكن أن يوصل مصدر التيار الكهربى المتردد شكل ٤٢ ، شكل ٤٣ بصمامين مقومين خلال محول له ملفين ثانويين متساويين ومتصلين ببعضهما بسلك



شكل ٤٣

دائره تقويم للموجة الكاملة بواسطة صمامين ثنائيين أثناء النصف الآخر من الموجة

متوسط بحيث يعملان بالتبادل لتغذية الحمل بالتيار المستمر أثناء نصفى كل موجة وبذلك يتحول التيار كله كما هو مبين بالجزء السفلى من شكل ٤٤ إلى تيار نابض فى اتجاه واحد أثناء الموجة كلها ، ويسمى التركيب السابق بدائرة توحيد للموجة الكاملة .



شكل (٤٤)

المنحنى البيانى للتيار الذى يخرج من دائره التقويم للموجة الكاملة

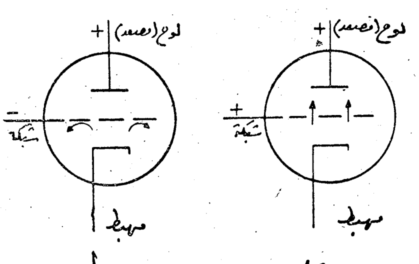
وأحيانا يوضع مصعدان فى صمام واحد يوصل كل منهما باحد طرفى المحـــول ويسمى الصمام فى هذه الحالة بصمام مقوم للموجة الكاملة (Full. W. Rectifier) وللحصول على تيار مستمر وثابت الشدة توصل دائرة الخروج فى مرحلة التقويم بمرشح (Filter) يتكون من مكثف أو مجموعة مكثفات وخانق (Choke) للتردد المنخفض ولتسهيل وصول

الالـكترونات إلى المصعد يوضع داخل الأنبوبة قليل من بعض الغازات مثل النيون أو الأرجون أو قليل من بخار الزئبق .

ويستخدم الصمام الثنائى المفرغ من الهواء لتزويد أجهزة الاستقبال والارسال بالتيار المستمر عندما تـكون مصممه بحيث تعمل على التيار العام . وتولد بعض الصمامات الثنائية التيـار المستمر ذا الجهد العالى المستخدم فى ترسيب الأتربة والاجزاء الثقيلة من دخان المصانع وفى صناعة أوراق الصنفرة وفى صناعة المخمل (القطيفة) . أما الصمامات الثنائية المملوءة بالغاز فإنها تستخدم للحصول من التيار المتردد على التيار المستمر اللازم لشحن البطاريات السائلة مثل بطاريات السيارات . والتيار المستخدم فى عمليات اللحام الـكهربية يمكن الحصول من صمامات ثنائية تحتوى على مهبط من الزئبق ويمكننا اعتبار مصباح الفلورسنت المستخدم فى الاضاءة نوعا من أنواع الصمامات الثنائية كما أن الخلية الضوئية الـكهربية هى نوع آخر من هذه الانواع .

الصمام الثلاثى TRIODE

بعد ثلاث سنوات من اختراع فلمنج للصمام الثنائى قام لى دى فورست سنة ١٩٠٧ بإدخال شبكة معدنية بين المهبط والمصعد فى الصمام الثنائى وعند توصيل هذه الشبكة شكل (٤٥ ا) بجهـــد كهربى سالب فإنها تقاوم الالـكترونات من المصعد ، وكلما زاد هذا الجهد السالب قلت شدة تيار المصعد



شـكل (٤٥)

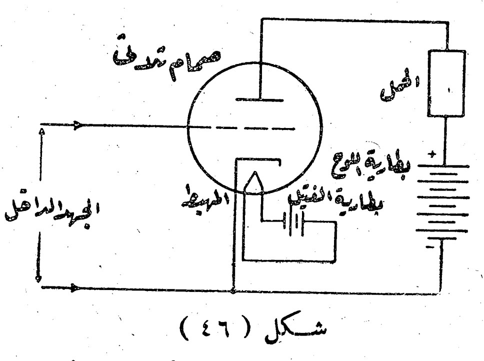
ا — حركة الالـكترونات فى الصمام الثلاثى عندما يـكون جهدا لشبكة سالبا .

ب — حركة الالـكترونات فى الصمام الثلاثى عندما يـكون جهد الشبكة موجبا .

أما عند توصيل هذه الشبكة بجهد كهربى موجب شكل (٤٥ ب) فان الالكترونات تنجذب بسرعة نحوها ولكن وجود الثقوب فى الشبكة يسبب اندفاع هذه الالكترونات خلالها إلى المصعد فيزداد تياره . وبذلك يمكن التحكم فى شدة تيار المصعد بتغيير جهد الشبكة ويسمى الصمام الثنائى بعد وجود الشبكة بداخله بالصمام الثلاثى Triode ويمكن بالطبع تغيير شدة تيار المصعد بتغيير جهده الموجب ولكن وجود الشبكة قريبة من الفتيل يجعل تأثيرها أقوى إذ أن أى تغير صغير فى جهدها يسبب تغيرا كبيرا فى تيار المصعد وتسمى هذه العملية بالتكبير وبسبب ذلك فإن هذا الصمام واسع الانتشار .

وللصمام الثلاثى ثلاث دوائر رئيسية :

١ — دائرة الفتيل: وتحتوى على الفتيل أو المسخن ومصدر للتيار يقوم بتسخينه (بطارية القتيل) كما فى شكل (٤٦) .



شكل (٤٦)

دائرة تكبير بواسطة صمام الالكترونى ثلاثى

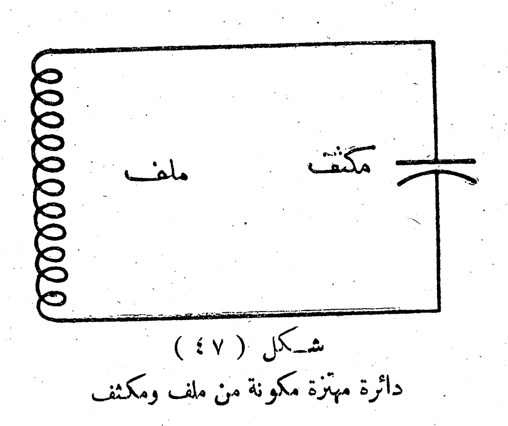
٢ — دائرة الخروج : وتحتوى على المصعد ومصدر للجهد الموجب لتيار مستمر وحمل .

٣ — دائرة الدخول : وتحتوى على كل من المهبط والشبكة ومصدر للإشارة الكهربية المراد تكبيرها بواسطة الصمام .

فإذا فرضنا توصيل الشبكة بجهد كهربى متغير صغير فإن تيار المصعد

سوف يتغير بنفس الكيفية التى يتغير بها هذا الجهد . فإذا كان الحمل المتصل بدائرة المصعد ذا مقاومة كبيرة فإن الجهد الكهربى عند طرفيه يكون كبيرا ويكون التغير ملحوظا فى الجهد عند طرفى الحمل ، وبذلك فإن التغيرات الصغيرة فى جهد الشبكة تكون قد أنتجت تغيرات كبيرة فى الجهد على طرفى الحمل فى دائرة الخروج .

ويمكن استخدام الصمام الثلاثى فى توليد تيارات ذات تردد عال جدا وهى تستخدم فى أجهزة الإرسال اللاسلكية كما يستخدم فى عمليات التسخين بواسطة التيارات ذات التردد العالى .



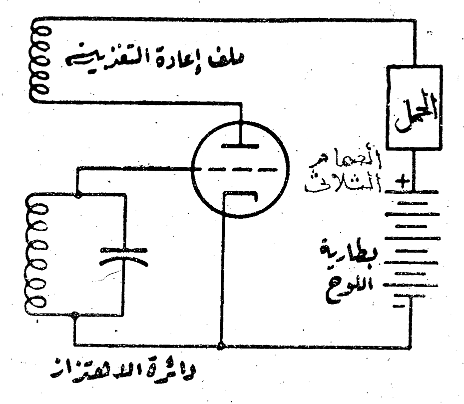
شكل (٤٧)
دائرة مهتزة مكونة من ملف ومكثف

فإذا فرضنا دائرة كهربية كالمبينة بالشكل (٤٧) وتحتوى على ملف ومكثف متصلين على التوازى بمصدر للتيار فعندما يصل التيار إلى الملف يتكون حوله مجال مغناطيسى تتولد بسببه قوة دافعة كهربية مضادة فى الملف تحاول إرسال تيار كهربى فى الاتجاه المضاد لسير التيار الآخر فينتج عن هذا التيار شحن صفائح المكثف مما ينتج قوة دافعة كهربية مضادة أخرى تحاول إرجاع التيار مرة ثانية إلى الدائرة الكهربية . وتتكرر هذه العملية بحيث يمر التيار فى الدائرة فى اتجاه خاص ثم يرتد ثانيا فى الاتجاه المضاد بسرعة كبيرة ، وبمعنى آخر فإن التيار يهتز فى الدائرة وتسمى هذه الدائرة بدائرة

مهتزة ويحدث هذا الاهتزاز عندما تكون الدائرة فى حالة رنين (وقد سبق شرح الرنين فى باب سابق) ويمكن الحصول على تيارات ذات تردد يصل إلى مليون أو بليون ذبذبة فى الثانية إذا تم اختيار القيم المناسبه لحث الملف وسعة المكثف ويمكن بمعرفتها إيجـــاد تردد التيار باستخدام علاقة رياضية خاصة .

وأثناء مرور التيار المتردد الذى سبق تكوينه فى الدائرة يفقد منه جزء يستهلك بواسطة كل من الملف والمكثف مما يسبب زوال الاهتزاز ويستهلك جزء آخر بواسطة توصيل دائرة الخروج بالحمل . ولا بد من إيجاد وسيلة لتزويد الدائرة المهتزة بكمية من الطاقة الكهربية تعوضها عما يفقد منها حتى يستمر هذا الاهتزاز .

ويمكن حل هذه المشكلة بتوصيل الدائرة المهتزة فى دائرة دخول الصمام المهتز الثلاثى فتصبح الشبكة متصلة بجهد كهربى متردد هو جهد هذا التيار المهتز مما يسبب تغيرا فى تيار المصعد مناظراً له شكل ٤٨ .



(شكل ٤٨)

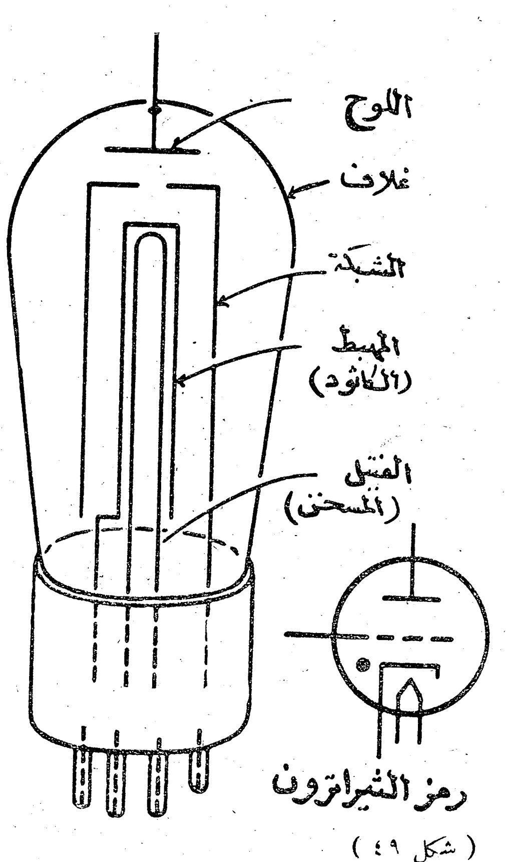
دائرة مهتزة تحتوى على صمام ثلاثى

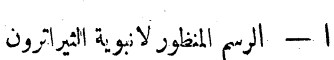
ويقوم تيار المصعد: أولا — بتزويد الحمل بما يحتاجه من تيار. ثانيا — يفيض منه جزء آخر يستخدم فى إعادة تغذية دائرة الاهتزاز الأصلية لتعوضها عما يفقد من التيار المهتز . وبذلك تظل هذه الدائرة مهتزة باستمرار .

وتتم عملية إعادة التغذية بمرور تيار المصعد فى ملف آخر يسمى ملف إعادة التغذية Feedback Coil يوضع بجوار الملف الأول (فى مجاله المغناطيسى) بحيث يمكنه أن يؤثر فى ملف الاهتزاز ويزوده بالطاقة اللازمة لتعويض ما يفقده من التيار الأصلى . ويسمى الصمام الثلاثى فى هذه الحالة بالصمام المهتز وتقوم البطارية المتصلة بمصعد هذا الصمام بتعويض دائرة الاهتزاز عن القدرة الكهربية الضائعة .

الثيراترون THYRATRON

يشبه الصمام الثلاثى فى تركيبه شكل (٤٩ ا ، ب) إلا أنه يحتوى على كمية من الغاز داخله . ويعمل الثيراترون كمنظم فى بعض الدوائر الكهربية .





(شكل ٤٩)

ا — الرسم المنظور لانبوبة الثيراترون

ب — مقطع طولى فى الثيراترون

كيف يعمل الثيراترون ؟

عند توصيل المصعد بجهد موجب فإن الالكترونات سوف تنجذب إليه من المهبط . فإذا فرضنا أن الشبكة قد وصلت بجهد سالب يكفى لمنع الالكترونات من الوصول إلى المصعد تماما ، وبدأنا بتقليل الجهد السالب المتصل بالشبكة بالتدرج فإن الالكترونات لن ترجع إلى التدفق بفعل قوة جذب المصعد إليها إلا عند جهد سالب معين . وعندما تبدأ الالكترونات فى الانطلاق خلال الشبكة فإنها تصطدم بذرات الغاز وتسبب تأينها وتتجمع بعض الايونات الموجبة حول الشبكة وتعمل على إزالة تأثيرها فى تدفق الالكترونات إلى المصعد . وتبدأ الالكترونات فى اندفاعها نحو المصعد دون أن تتأثر بالتغيرات فى جهد الشبكة . وتفقد الشبكة بذلك كل سيطرة على تيار المصعد . ولقطع هذا التيار لا بد من إزالة الجهد الموجب المتصل بالمصعد . وتعمل الشبكة كزناد لبدء تدفق الالكترونات فى الصمام بحيث لا يمكنها التحكم فى هذا التيار عندما يبدأ فى المرور خلال الأنبوبة .

وتكون الشبكة فى الثيراترون عادة على هيئة اسطوانة معدنية تحيط بالفتيل من كل جانب ولا يوجد بها إلا ثقب أو عدد قليل من الثقوب المتجاورة فى أعلاها لتوجيه الالكترونات إلى المصعد الذى يجاور هذا الثقب أو مجموعة هذه الثقوب .

الصمام الرباعى TETRODE

تحتوى بعض الصمامات ذات التفريغ الكبير على شبكتين بين المهبط والمصعد .

الأولى : وهى القريبة من المهبط تسمى بالشبكة المتحكمة Control Grid

وهى تشبه الشبكة الأصلية فى الصمام الثلاثى من حيث الشكل والعمل .

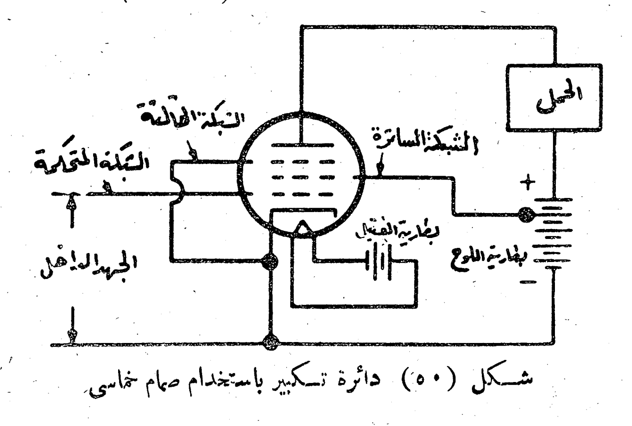
والثانية تسمى الشبكة الساترة Screen Grid وهى شبكة إضافية توصل بجهد كهربى موجب فتساعد على توجيه وإسراع الالكترونات فى طريقها إلى المصعد .

الصمام الخماسى PENTODE

يحتوى على ثلاث شبكات بين المهبط والمصعد ، الأولى وهى القريبة من المهبط هى الشبكة المتحكمة وهى تماثل الشبكة الأصلية فى الصمام الثلاثى شكلا وعملا ، وتحيط الثانية وتسمى بالشبكة السائرة بالشبكة الأولى وتوصل بجهد كهربى موجب ، أما الشبكة الثالثة فهى الشبكة الإضافية .

والواقع أن وجود الشبكة الساترة فى الصمام الرباعى سلاح ذو حدين إذ أنها بالرغم من أسرعها للالكترونات وتوجيهها إلى المصعد فإن هذه الالكترونات عندما تصطدم بذرات مادة المصعد تسبب إطلاق الكترونات أخرى منها فى الاتجاه المضاد وتصل إلى الشبكة الساترة وتنجذب إليها وبذلك يقل تيار المصعد بدل أن يزيد .

ولهذا السبب فقد وضعت الشبكة الثالثة وتسمى «الشبكة المانعة» Suppressor Grid فى الصمام الخماسى بين الشبكة الساترة والمصعد (شكل ٥٠) وتوصل بجهد كهربى



شكل (٥٠) دائرة تكبير باستخدام صمام خماسى

سالب بحيث ترجع الالكترونات التى تنبعث من المصعد إليه مرة أخرى بفعل قوة التنافر بينهما مما يزيد من تيار المصعد .

الصمامات ذات الأقطاب العديدة

قد يضم الغلاف الزجاجى عددا من الشبكات (٤ أو ٥ أو ٦) بالإضافة إلى المهبط والمصعد الأصليين وتسمى بالصمامات عديدة الأقطاب (السداسى أو السباعى أو الثمانى ... الخ)

ولا يختلف تشغيلها عن تشغيل الصمامات السابقة .

الصمامات عديدة الوحدات

قد يحتوى الصمام الواحد على عدد من العناصر التى تكون صمامين أو أكثر ويستخدم كل جزء من هذا الصمام فى غرض معين ويوصل بدائرة خاصة به فمثلا هناك بعض الصمامات تقوم بعمليتى التقويم والتكبير فى نفس الوقت وتحتوى بداخلها على عناصر تكوين الصمام الثنائى والثلاثى أو الرباعى أو الخماسى فى نفس الوقت .

الباب الخامس

أنصاف الموصلات SEMICONDUCTORS

تتركب الموصلات من ذرات يوجد فى مداراتها الخارجية الكترونات حرة أى غير مرتبطة أرتباطاً وثيقاً بمكونات الذرة المختلفة . وفى درجة الحرارة العادية يلزم أعطاء الذرة كمية كبيرة كافية من الحرارة لكى تسمح لهذه الالكترونات أن تنطلق مبتعدة عنها . وتتجول دون هدف أو قصد من ذرة إلى أخرى من الذرات المجاورة . وإذا وصل جهد كهربى إلى أطراف الموصل ، فإن الالكترونات الحرة من المدارات الخارجية لذرات الموصل سوف تتدفق وتندفع إلى القطب الموجب للمصدر الكهربى وفى الوقت نفسه تندفع الالكترونات من الطرف السالب للمصدر إلى الموصل وبهذه الطريقة يتم مرور التيار الكهربى مندفعاً من القطب السالب للمصدر إلى القطب الموجب له خلال الموصل . ويمكن أن تعتبر الالكترونات المتحركة محملة بالكهربية ومندفعة من الطرف السالب إلى الطرف الموجب . ويسمى هذا التيار بالتيار الالكترونى .

ومن جهة أخرى فإن الالكترونات الموجودة فى المدارات الخارجية المادة العازلة متصلة أتصالا وثيقاً بأنوية هذه الذرات ، وهناك عدد قليل جداً يمكن إعتبارها إلكترونات حرة . وكنتيجة لذلك إذا نحن وصلنا أى مصدر كهربى بطرفى المادة العازلة فإن كمية قليلة جداً من التيار الكهربى يمكنها المرور خلال هذه المادة . أما إذا استخدمنا مصدراً كهربياً ذا جهد عال بدرجة كافية فإن هذا الجهد العالى ربما أصبح من الكبر بالدرجة التى تكفى لأن تكسر المادة العازلة وتمزقها إلى أجزاء صغيرة ، وعندئذ يمكن أن يمر التيار الكهربى خلال هذه الأجزاء على شكل شرارة كهربية .

وبين هاتين المادتين الموصلة والعازلة توجد عدة مواد تكون فيها الالكترونات أو الشحنات السالبة الموجودة فى مداراتها الخارجية غير متصلة اتصالا وثيقاً بأنوية ذراتها كما فى حالة المواد العازلة وليست مفككة تفككا كبيراً عن أنوية ذراتها كما فى حالة المواد الموصلة ، وتسمى هذه المواد بالمواد النصف الموصلة Semiconductors ومن أمثلتها عنصرى الجرمانيوم والسيليكون . وعند توصيل أى من هذه المواد النصف الموصلة بمصدر للتيار الكهربى يمر خلالها جزء لا بأس به عن التيار الكهربى بحيث لا يصل إلى كمية ما يمر منه خلال الموصلات ولكنه مع ذلك أكبر من التيار الكهربى الذى يمر خلال المواد العازلة .

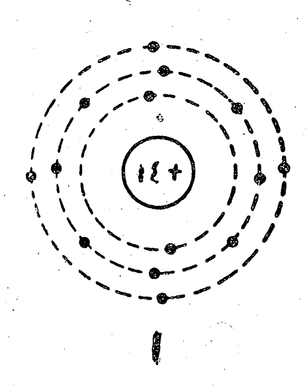
ويمكن توضيح ذلك عن طريق معرفة المقاومات النوعية (وهى الممانعة التى يبديها السنتيمتر المكعب الواحد من المادة بالنسبة للتيار الكهربى) لبعض هذه العناصر حتى يمكننا المقارنة بين ما يحدث فيها عند توصيلها بالكهربية

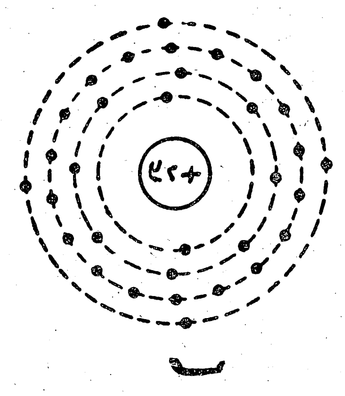
فالمقاومة النوعية للنحاس = ١٧٠٠٠٠٠, أوم .
والمقاومة النوعية للصينى = ١٠٠,٠٠٠,٠٠٠ أوم .
والمقاومة النوعية للجرمانيوم = ٦٠ أوم .

وواضح من هذه الأعداد أن عنصر الجرمانيوم له مقاومة متوسطة بين مقاومتى المواد الموصلة ومن أمثلتها النحاس ومقاومة المواد العازلة ومن أمثلتها الصينى .

تركيب ذرة الجرمانيوم

ولا بد من بيان التركيب الداخلى لذرة الجرمانيوم حتى يتيسر فهم التصرفات العجيبة التى يقوم بها هذا العنصر إذا ما وجد مع ذراته بعض الشوائب ، مما جعله فى طليعة المواد التى يبحث فيها العلم الحديث بجانب بحثه فى العناصر المشعة كاليورانيوم والراديوم وأخواتهما .





شكل (٥١)

ا — تركيب ذرة السيليكون .

ب — تركيب ذرة الجرمانيوم .

تتركب ذرة الجرمانيوم كما فى الرسم (شكل ٥١ ب) من نواة تحتوى على ٣٢ بروتون ويحيط بالنواة من الخارج أربعة مدارات دائرية مركزية يدور فيها ٣٢ إلكترونا . فيدور فى المدار القريب من النواة الكترونين مشحونين بالكهربية السالبة ويدور فى المدار الثانى وهو خارج الأول ثمانية الكترونات وفى المدار الثالث ثمانية عشر الكترونا وفى المدار الرابع والأخير وهو أبعد المدارات عن النواة يوجد أربعة إلكترونات . وهذه الالكترونات الأربع الأخيرة تعرف باسم «إلكترونات التكافؤ Valence electrons» وهى تحدد الخواص الكيمائية والكهربية كما ذكر سابقاً . ونظراً لأن هذه الالكترونات الخارجية بعيدة عن النواة فالارتباط بينهما ضعيف ، بحيث أنه فى درجة حرارة الحجرة العادية يهرب عادة عدد من هذه الالكترونات من مسارها الأصلى وتتجول كالكترونات حرة فى الوسط الخارجى بين الذرات ، كالفراشات تنتقل حرة طليقة ، من زهرة إلى زهرة . وحين يهرب الكترون من المدار الخارجى لإحدى الذرات فإن التوازن الكهربى للذرة يختل ويزيد مقدار الشحنات الموجبة الموجودة فى النواة عن الشحنات السالبة الموجودة على الالكترونات الباقية التى تدور حولها بمقدار

شحنة موجبة واحدة ويبقى مكان الالكترون فى الذرة خالياً حتى يصل الكترون آخر ليحل محل الالكترون الهارب .

وحين يحدث رجوع الالكترون إلى مكانه يعود الاستقرار لهذه الذرة ، وطالما تكون الذرة ناقصة الكترونا فإنها تسمى أيونا موجباً نظراً لزيادة عدد الشحنات الموجبة على عدد الشحنات السالبة فيها .

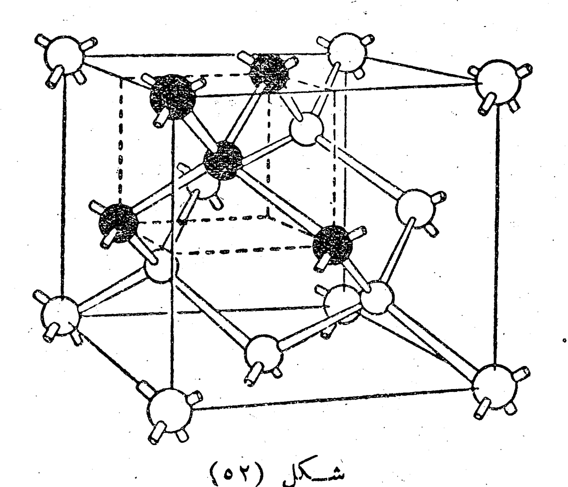
وبفقد الكترون من الذرة يصبح مكانه فى المدار شاغراً ويسمى بالفجوة Hole ، ويمكن أن تعتبر الفجوة على ذلك مشحونة بشحنة موجبة مساوية للشحنة الموجودة على الالكترون الهارب ، ولكن مضادة لها فى النوع .

وحينما تظهر فجوة فى ذرة فان الكترونا يحل فى هذه الفجوة من ذرة مجاورة ليملأها وتتكون بذلك فى الذرة المجاورة فجوة جديدة . وعلى ذلك فإن الفجوة سوف تنتقل من الذرة الأولى إلى الذرة المجاورة . وبذا نرى أن الفجوات يمكن أن تنتقل من ذرة إلى أخرى تماماً كما تنتقل الالكترونات ولكن يؤدى وجود الفجوة فى الذرة إلى ظهور شحنة موجبة عليها .

وتزداد حركة الالكترونات بزيادة درجة الحرارة أو بوجود مجال كهربى ذى ضغط معين وهو يدفع الالكترونات ذات الشحنة السالبة لتتحرك فى اتجاه القطب الموجب لهذا المجال الكهربى . وفى الوقت الذى تندفع فيه الالكترونات إلى القطب الموجب للمجال الكهربى تندفع الفجوات نحو القطب السالب .

البللورة النقية من الجرمانيوم :

فى البللورة ترتب الذرات نفسها فى شكل هندسى خاص (شكل ٥٢) . وكل ذرة تكون بعيدة عن مجاوراتها بعداً كبيراً وتثبت الذرات نفسها فى مواضعها من البللورة لتكون شكلها الهندسى الخاص بأن يرتبط



شكل (٥٢)

رسم منظور لترتيب الذرات فى بللورة من بللورات الجرمانيوم

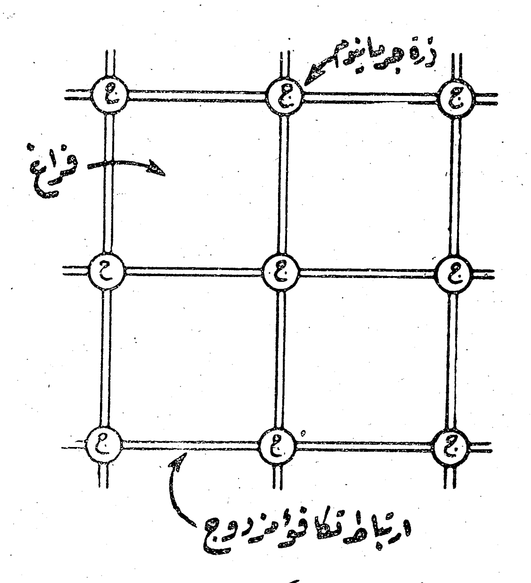
الكترون التكافؤ من ذرة بالكترون التكافؤ من الذرة المجاورة لتكون رباط تكافؤ مزدوج Double Valence Bond .

والبللورة عبارة عن مجموعة من الذرات فى ترتيب هندسى دقيق على إبعاد معينة من بعضها طولا وعرضاً وارتفاعاً ،ولتوضيح تركيب البللورة بشكل يسهل تصوره سنكتفى بتوجيه النظر نحو المكعب المنقط الموضح بالرسم والذى يبين أبسط ترتيب للذرات* فى بللورة من الجرمانيوم .

ويوجد فى المدار الخارجى لذرة الجرمانيوم أربع الكترونات فلو فرضنا إحداها (ج) فى شكل ٥٣ الذى يمثل مجموعة من ذرات بللورة جرمانيوم (رسمت مسطحة لسهولة التوضيح) فإنه يحدث ارتباط بين الأربع الكترونات الموجودة فى المدار الخارجى للذرة (ج) بأربع ذرات أخرى (١ ، ٢ ، ٣ ، ٤) فيدور الكترون من (ج) فى المدار الخارجى للذرة (١) كما يدور فى نفس الوقت الكترون من المدار الخارجى لهذه الذرة فى المدار الخارجى للذرة (ج) ويسمى ذلك بارتباط التكافؤ المزدوج . وتتكرر هذه العملية بالنسبة للذرة ج مع الذرات (٢ ، ٣ ، ٤) بنفس الطريقة .

* وضحت الذرات الخمس المكونة لبللورة من الجرمانيوم فى شكل (٥٢) بدوائر سوداء.

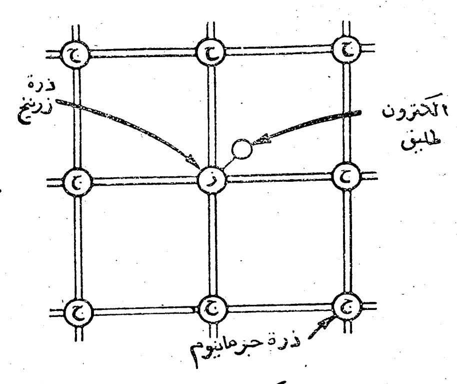
وإذا حدثت مؤثرات خارجية مثل الحرارة أو الكهرباء أو الضوء أدت إلى ضعف الارتباط بين الالكترونات التى تدور حول النواة فى ذرة ما من ذرات الجرمانيوم ، وأمكن أن ينطلق الالكترون حرا بعيدا عن ذرته ، لنتجت فى هذه الذرة فجوة .



شكل (٥٣)
رسم مسطح لبللورة الجرمانيوم النقية

بللورة الجرمانيوم الغير النقية :

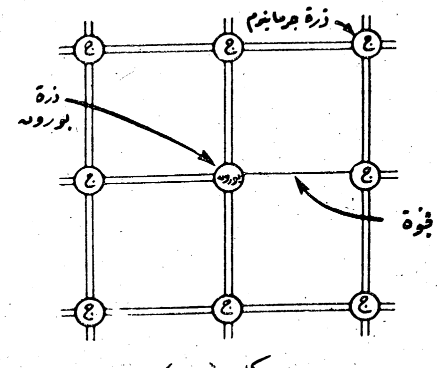
هناك طريقة للحصول على عدد خاص من الالكترونات الطليقة وذلك بأن تضاف إلى بللورة الجرمانيوم كميات صغيرة ومحدودة من الشوائب مثل عنصر الزرنيخ (أو أى عنصر من المجموعة الكيمائية الخامسة). والسبب فى اختيار مثل هذه العناصر أن المدارات الخارجية لذراتها تحتوى على خمسة الكترونات تكافؤ . فإذا وجدت ذرة من الزرنيخ بدلا من ذرة من ذرات الجرمانيوم فى البللورة كما هو مبين بالرسم شكل ٥٤ (الدائرة التى بداخلها حرف (ز) تمثل ذرة الزرنيخ والدوائر الأخرى تمثل ذرات الجرمانيوم) فإنه بعد



شكل (٥٤)
رسم مسطح لبللورة الجرمانيوم المشوبة بالزرنيخ

أن يتم حدوث أربعة ارتباطات تكافؤ مزدوجة بين ذرة الزرنيخ (ز) وأربع ذرات جرمانيوم حولها (كما سبق شرحه مع ذرة الجرمانيوم (ج) فى البللورة النقية منه) لأصبح هناك الكترونا طليقا . وتسمى بللورة الجرمانيوم التى تحتوى على الزرنيخ بللورة من النوع السالب Negative Type Crystal .

أما إذا أضيفت كمية صغيرة محدودة من بعض الشوائب الأخرى مثل عنصر البورون (وواضح من الرسم شكل ٥٥ أن ذرة البورون تحتوى فى مدارها الخارجى على ثلاثة الكترونات تكافؤ) فيحدث أن ترتبط ذرة من البورون الموجودة فى بللورة الجرمانيوم بثلاث ذرات من الجرمانيوم



شكل (٥٥)
رسم مسطح لبللورة الجرمانيوم المشوبة بالبورون

عن طريق ثلاثة ارتباطات تكافؤ مزدوجة (لايحدث الارتباط الرابع بذرة رابعة من الجرمانيوم بنفس الطريقة لاستنفاد الثلاث الكترنات الموجودة فى المدار الخارجى لذرة البورون) ويقتصر أمر ارتباط ذرة البورون مع ذرة الجرمانيوم الرابعة على دوران الكترون ذرة الجرمانيوم فى المدار الخارجى لذرة البورون أى يصبح الارتباط بين ذرة الجرمانيوم الأخيرة وذرة البورون* ارتباط تكافؤ احادى Single Valence Bond أى تصبح هذه المجموعة ناقصة الكترونا ليكمل الارتباط المزدوج اللازم . وينشأ عن هذا النقص تكون فجوة وتسمى بللورة الجرمانيوم عندئذ من النوع الموجب Positive Type Crystal .

---

* يمكن استخدام عناصر أخرى غير الزرنيخ من نفس المجموعة الكيميائية الخامسة التى تشمل الزرنيخ مثل الأنتيمون كما يمكن استخدام عناصر أخرى غير البورون من نفس المجموعة الثالثة مثل الأندوم والجاليوم والألومنيوم .

الباب السادس

البللورة الثنائية CRYSTAL DIODE

البللورة الثنائية تطلق عادة على بللورة جرمانيوم من النوع الموجب ملتصقة ببللورة جرمانيوم من النوع السالب كما هو مبين بالرسم شكل (١٥٦)

وكل بللورة من النوع السالب تحتوى على عدد كبير من الالكترونات الحرة المشار إليها بالعلامات (−) كما أنها تحتوى على عدد كبير من الفجوات المحملة بالشحنات الموجبة والمشار إليها بالعلامات (+) أما البللورة من النوع الموجب فإنها تحتوى على عدد كبير جداً من الفجوات كما أنها تحتوى على عدد قليل من الالكترونات الحرة .

وإذا ما الصقت* بللورة من النوع السالب (تحتوى على الزرنيخ) بأخرى من النوع الموجب (تحتوى على البـــورون) فإن الالكترونات الفائضة فى الجزء السالب تنقل بسرعة خلال سطح الالتصاق لتحل محل الفجوات الموجودة فى النوع الموجب . وينشأ عن إنتقال الالكترونات من النصف السالب إلى النصف الموجب إنخفاض جهد الأخير (لانتقال شحنات سالبة إليه) وارتفاع جهد الأول (لخروج شحنات سالبة منه) ويستمر إنخفاض الجهد فى النصف الموجب وارتفاع الجهد فى النصف السالب حتى يحدث الاتزان حينما يصل فرق الجهد بينهما إلى قدر معين يسمى جهد الحجز

---

* الذى يحدث فى التطبيقات العملية هو اعداد بللورة مفردة Single Crystal من الجرمانيوم نصفها من النوع السالب والنصف الاخر من النوع الموجب ويتم اعدادها بطرق كيمائية غاية فى الدقة .

فيمتنع إنتقال الالكترونات من النصف السالب إلى النصف الموجب كما يحدث تماماً فى العمود البسيط أو الأعمدة الأخرى* .

وتجدر ملاحظة أن هذه العملية لا تتم إلا فى المنطقة الصغيرة القريبة من من سطح الإلتصاق .

توصيل البللورة الثنائية بمصادر التيار الكهربى :

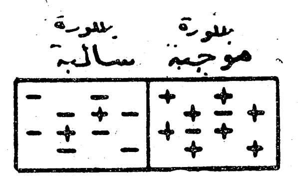
إذا وصلنا البللورة السابقة ببطارية كما هو مبين بالرسم (٥٦ب) بحيث تتصل البللورة من النوع الموجب بالطرف الموجب للبطارية والبللورة من النوع السالب بالطرف السالب للبطارية فإن كل الالكترونات الحرة تميل إلى الحركة فى إتجاه القطب الموجب الذى يجذبها إليه ، وكل الفجوات المحملة بالشحنات الموجبة تميل إلى الاتجاه إلى القطب السالب . وعلى ذلك فإن كل الالكترونات الحرة والفجوات سوف تتحرك ناحية موضع التصاق البللورتين بسبب التجاذب بين الشحنات المختلفة ، أى أن كل الكترون بفجوة ويكون تأثير الجهد الكهربى المستخدم بتوصيل البطارية هو إنتاج عدد أكبر من الالكترونات الحرة فى البللورة السالبة وإنتاج عدد أكبر من الفجوات فى البللورة الموجبة وتصبح هناك حركة مستمرة من الالكترونات

---

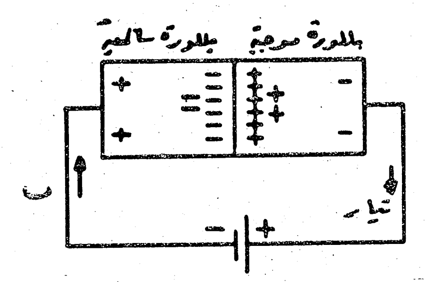
* اذا أراد القارىء مزيدا من الشرح لمعرفة كنه ما يحدث فى هذه العملية فيمكن القول أن وجود ذرة الزرنيخ مع ذرات الجرمانيوم فى النوع السالب يسبب وجود الكترون طليق لكن من الناحية الكهربية هناك تعادل حيث أن شحنة هذا الالكترون بالرغم من عدم اشتراكه فى مداره حول النواة لذرة الزرنيخ إلا أنه فى هذه النواة لا تزال توجد الشحنه الموجبة التى تسبب التعادل معه . وبالمثل فانه بالرغم من وجود الفجوة فى النوع الموجب فان هناك تعادلا كهربيا لأن شحنات الالكترونات الثلاث التى تدور حول ذرة البورون تساوى الشحنات الموجبة المناظرة لها فى نواة هذه الذرة . ولكن عند حدوث الاتصال بين النوعين واندفاع الالكترونات الطليقة من النصف السالب الى النصف الموجب لتملأ الفجوات يجب أن لا يفهم من ذلك حدوث تعادل كهربى (حيث أن هذا التعادل كان موجوداً قبل الاتصال) ولكن هناك شحنة سالبة قد أضيفت إلى النصف الموجب تسبب انخفاض جهده وهذه الشحنة قد سلبت من النصف السالب مما يسبب ارتفاع جهده ويستمر ذلك حتى الاتزان .

والفجوات خلال البللورتين. وينتج عن هذه الحركة الناشئة فى الالكترونات والفجوات خلال البللورة تياراً كهربياً . ويكون هذا التيار شديداً نسبيا خلال الدائرة كلها كما هو مبين بالأسهم على الرسم (٥٦ب).

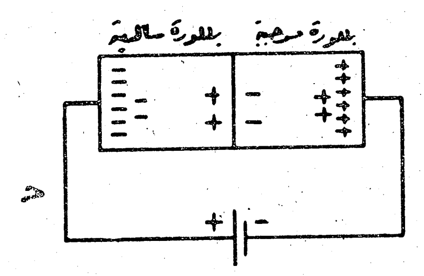
شكل رقم (٥٦)



ا — بللورتان متلاصقتان من الجرمانيوم إحداها من النوع السالب والأخرى من النوع الموجب .



ب — توصيل البللورتين المتلاصقتين بمصدر للتيار المستمر فى اتجاه التوصيل .



ج — توصيل البللورتين المتلاصقتين بمصدر للتيار المستمر فى الاتجاه العكسى .

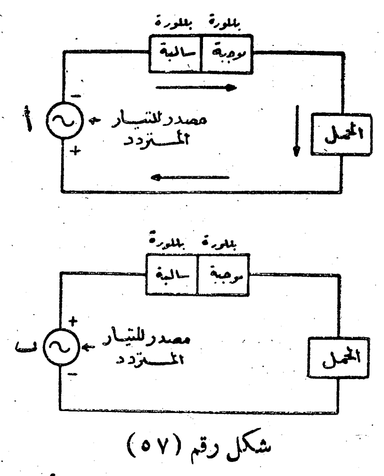
وعند توصيل الجهد الكهربى بالطريقة السابقة كما هو مبين بالرسم فيقال إن البطارية موصلة فى الدائرة فى إتجاه التوصيل Forward Direction .

والآن إذا فرضنا أننا عكسنا توصيل البطارية كما هو مبين بالشكل (٥٦ج) أى أننا وصلنا البللورة الموجبة بالقطب السالب للبطارية ووصلنا البللورة السالبة بالقطب الموجب للبطارية فالذى يحدث أن الالكترونات الحرة تندفع فى اتجاه القطب الموجب والفجوات تندفع نحو القطب السالب

ولكن عند موضع إتصال البللورتين يوجد عدد قليل نسبياً من الألكترونات والفجوات ، وعلى ذلك فإن كمية ضئيلة من التيار الكهربى سوف تمر خلال موضع اتصال البللورتين ، وهذه العملية تعطى تأثير وجود مقاومة كبيرة فى سبيل التيار وينتج عن ذلك مرور كمية ضئيلة من التيار الكهربى خلال الدائرة ويقال عندئذ أن التوصيل فى الإتجاه العكسى Reverse Direction .

وعلى ذلك فإنه عند توصيل البللورة بالجهد الكهربى فى إتجاه التوصيل السابق شرحه تكون مقاومة البللورة أو ممانعتها صغيرة جداً وعند توصيل البللورة بالجهد الكهربى فى الاتجاه العكسى تكون المقاومة الظاهرية أو الممانعة كبيرة جداً .

فإذا استخدم مصدر للتيار المتردد (وهو الذى ينعكس فيه إتجاه التيار عدة مرات فى زمن معلوم) ووصلنا هذا المصدر بالبللورة الثنائية التى سبق ذكرها على التوالى مع مقاومة معلومة أو سلك يمكن أن يحمل التيار المار إلى دائرة كهربية ذات ممانعة لمرور التيار — وهى التى سميت سابقاً بالحمل (شكل ٥٧) — فان الجهد الكهربى خلال نصف دورة يكون فى إتجاه سهل التوصيل



شكل رقم (٥٧)

ا — توصيل موحد بللورى بمصدر للتيار المتردد خلال النصف الأول من الموجة .

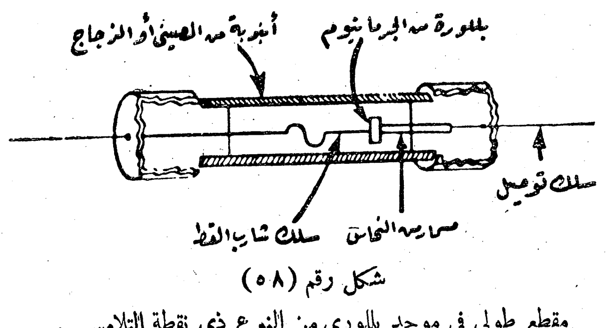
ب — توصيل الموحد بمصدر للتيار المتردد خلال النصف الثانى من الموجة .

قليل المقاومة ويمر تيار كبير خلال الدائرة . أما خلال النصف الثانى من الدورة يكون الجهد موصلا فى الاتجاه العكسى وبذلك يمر تيار صغير فى الدائرة الكهربية .

وهذه العملية التى أحدثتها البللورة فى التيار المتردد بأن تمنع التيار من المرور فى نصف دورة وتسمح له بالمرور خلال نصف الدورة الثانى أى عندما يغير من إتجاهه ويصبح موصلا فى الاتجاه العكسى ، وتسمى بعملية التقويم أو التوحيد Rectification ، وهى فى ذاتها تشبه عملية التوحيد التى تتم بواسطة الصمام الألكترونى الثنائى .

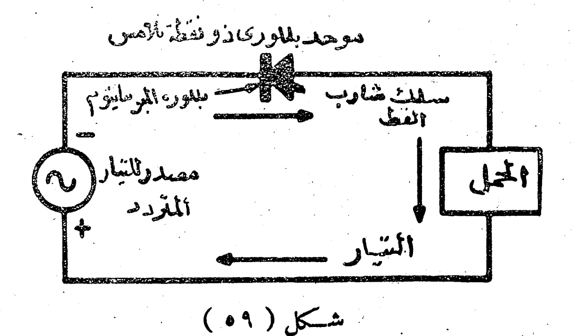
ويسمى الموحد المكون من بللورتين متلاصقتين من الجرمانيوم بنوعيه الموجب والسالب باسم ثنائى الأقطاب المتلاصقة Junction Diode .

وهناك نوع آخر من البللورات الموحدة (شكل ٥٨) ، وهذا النوع منتشر انتشاراً كبيراً فى هذه الأيام فى أجهزة الراديو ويتركب من سلك دقيق من البلاتين أو التنجستن ويسمى بشارب القط Cat whisker يلامس بللورة من الجرمانيوم من النوع السالب . ويمر التيار فى هذا الموحد عندما تكون البللورة المذكورة سالبة الجهد بالنسبة لسلك شارب القط الملامس لها أى أنه يكون موصلا بالطرف الموجب لمصدر التيار ، والبللورة بالطرف السالب للمصدر وفى هذه الحالة يكون سير التيار فى الموحد فى اتجاه التوصيل .



شكل رقم (٥٨)

مقطع طولى فى موجد بللورى من النوع ذى نقطة التلامس .



شكل (٥٩)

دائرة تقويم يستخدم فيها موحد ثنائى من النوع ذى نقطة التلامس ويلاحظ أن جهـد مصدر التيار المتردد موصل فى اتجاه التوصيل وتبين الأسهم اتجاه التيار الذى يمر فى الدائرة

وعندئذ لا تكون هناك مقاومة كبيرة فى الدائرة . فإذا عكس التيار وأصبحت البللورة موصلة بالطرف الموجب والسلك موصلا بالطرف السالب حدثت مقاومة كبيرة فى وجه التيار وامتنع عن المرور فى ذلك الاتجاه ويسمى هذا التوصيل بالاتجاه العكسى. وبذلك يمكن عند مرور تيار متغير فى هذه البللورة أن يصبح تياراً مستمراً أى أنه يمر فى اتجاه واحد فقط . ويرمز للموحد بالإشارة المبينة على الرسم (شكل ٥٩) فالخط الرأسى السميك يمثل البللورة أما رأس السهم فيرمز إلى السلك الملامس لها، ويسمى الخط الرأسى السميك الممثل للبللورة أحياناً بإسم المهبط أو الكاثود ويسمى هـذا الموحد بثنائى الأقطاب ذى نقطة التلامس Point Contact Diode . ويستعمل نفس الرمز لثنائى الأقطاب المتلاصقة الذى سبق ذكره .

الباب السابع

نظرية الترانزستور

Transistor Action

سنبحث فى هذا الباب بالتفصيل الشرح النظرى لعمل الترانزستور .

إذا فرضنا وجود بللورة مفردة من الجرمانيوم تحتوى على ثلاث مناطق قد وضعت فيها كميات محدودة من الشوائب بحيث تكون المنطقتان الخارجيتان محتويتين على عنصر الزرنيخ أى أنهما من النوع السالب والأخرى المتوسطة تحتوى على عنصر البورون أى أنها من النوع الموجب ، فإن هذا التركيب هو الذى يطلق عليه إسم الترانزستور ذو الأقطاب المتلاصقة السالبة الموجبة السالبة ويمكن أن يرمز لها س . م . س .

Negative Positive Negative Junction Transistor, N. P. N.

ويكون هذا التركيب محتويا على سطحى التصاق بين النوع الموجب والنوع السالب .

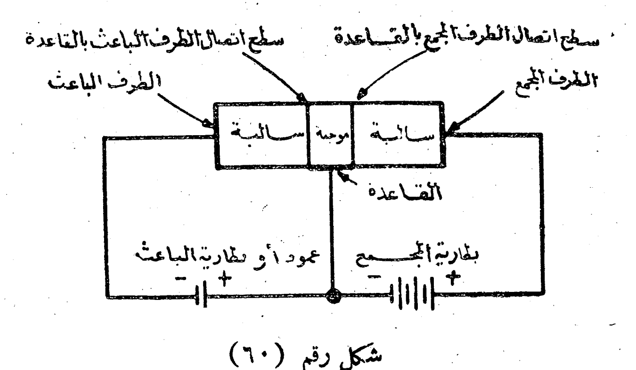
وعند ما تتم صناعة الترانزستور تكون هـذه المناطق الثلاث فى حالة من الاتزان بعد أن يكون كل من الجزئين السالبين من البللورة قد انتقل عدد معين من ألـكترونااته إلى الجزء الأوسط . فيعلو جهد الطرفين ويهبط جهد الجزء الأوسط .

ولـكى يقوم الترانزستور بعمله لابد من أن يكون أحد سطحى الالتصاق موصلا بمصدر كهربى فى اتجاه التوصيل وسطح الالتصاق الآخر موصلا بمصدر كهربى فى الاتجاه العكسى شكل (٦٠) . ويلاحظ أن توصيل سطحى الالتصاق بمصادر التيار الـكهربى فى كلا الاتجاهين يكون بالنسبة للجزء الأوسط من البللورة وهو الذى نسميه بالقاعدة (Base) . أما الجزء من البللورة الذى يوصل بمصدر الـكهربية فى اتجاه التوصيل (بالنسبة للقاعدة)

فيسمى بالطرف البـــاعث Emitter والجزء من البللورة الذى يوصل بمصدر الـكهربية فى الاتجاه العكسى (بالنسبة للقاعدة) يسمى بالطرف المجمع Collector .

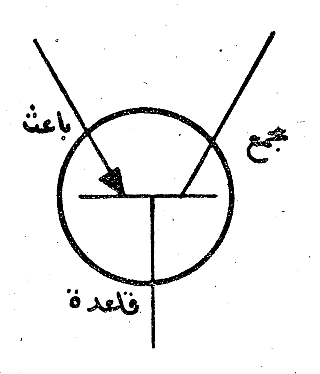
ويرمز للترانزستور بالرمز الموضح بالرسم شكل (١٦١ ، ب) وهو عبارة عن دائرة فى وسطها خط مستقيم يمثل القاعدة متصل بمستقيم آخر عمودى عليه يخرج من الدائرة يمثل طرف توصيل القاعدة . ويلامس القاعدة مستقيم عليه سهم (نحو داخل الدائرة إذا كان الترانزستور من النوع الموجب السالب الموجب ونحو خارج الدائرة إذا كان الترانزستور من النوع السالب الموجب السالب الذى سيأتى ذكرهما بالتفصيل بعد ذلك) وهذا المستقيم يمثل الطرف الباعث ، أما المستقيم الأخير الذى يلامس القاعدة وليس عليه أية علامة فيمثل الطرف المجمع . وأحيانا يستغنى عن الدائرة تماما وتبقى المستقيمات الأربعة ممثلة للترانزستور .

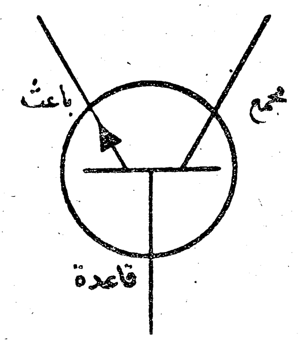
والرسم شكل (٦٠) يمثل كيفية توصيل مصادر التيار الـكهربى المستمر (البطاريات) بالطرف الباعث (اتجاه التوصيل) والطرف المجمع (الاتجاه العكسى) .



شكل رقم (٦٠)

طريقة توصيل الأجزاء المختلفة للترانزستور بالجهود الأصلية من البطاريات



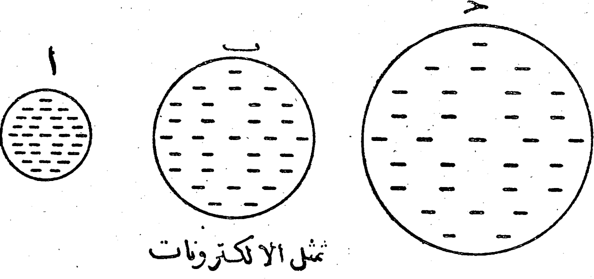


شكل رقم (٦١)

ا — رمز للترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة .

ب — رمز للترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة السالبة الموجبة السالبة .

وعند توصيل الترانزستور بالمصادر الكهربية الأصلية Biases يحدث ما يلى : يقوم الطرف الباعث عند توصيله بالطرف السالب للبطارية بإرسال بعض الألكترونات من المنطقة السالبة التى يكوّنها إلى المنطقة الموجبة التى تكون القاعدة (حيث أن سطح اتصال الطرف الباعث موصل كهربيا فى اتجاه التوصيل) وعند ما تصل هذه الألكترونات إلى منطقة القاعدة (حيث لا يوجد مجال كهربى يمكنه أن يسبب حركة الألكترونات فى اتجاه خاص) فإن هذه الألكترونات سوف تتحرك بطريقة الانتشار خلال منطقة القاعدة . ويمكننا تصوير عملية الانتشار بالشكل الموضح بالرسم شكل (٦٢)



تمثل الالكترونات بالعلامات السالبة (—)

شكل رقم (٦٢)

طريقة انتشار الألكترونات عند وصولها من الطرف الباعث أو الطرف المجمع إلى منطقة القاعدة فى الترانزستور .

وهو يبين أن أية كمية من الالـكترونات سوف تتبع عند انتشارها نفس القوانين التى تنتشر بواسطتها جزيئات الغاز فعند ما تنفث الدخان من فمك يكون كثيفاً ثم ينطلق فى الجو متباعدة جزيئاته عن بعضها بحيث ينتشر ويملأ كل الغرفة التى تجلس فيها. هذا هو مايحدث تماما فى حالة الالـكترونات التى تصل إلى منطقة القاعدة . فعند بدء الانتشار تكون الالـكترونات متقاربة تقارباً كبيراً من بعضها البعض وبعد مدة سوف تتباعد هذه الالـكترونات لتشغل حيزا أكبر ، وهكذا حتى تشغل كل منطقة القاعدة . وعندما تنتشر الالـكترونات فى منطقة القاعدة فإنها تتبع مسارات متعرجة ناتجة عن اصطدامها بالذرات التى تدخل فى تركيب البللورة أو عند اصطدامها بالالـكترونات الأخرى ، وهكذا تظل تتخبط فى الفراغات الموجودة بين الذرات المختلفة فى البللورة ، وتشبه هذه الألـكترونات فى حركاتها حركات الالـكترونات التى تتجول بين ذرات المواد الموصلة .

يعتبر تجمع الالـكترونات فى منطقة القاعدة هوأساس عمل الترانزستور ولابد أن نتذكر أن هناك عدداً من الالـكترونات يتزايد فى كل لحظة فى هذه المنطقة ثم ينتقل خلال سطح التصاق الطرف الباعث بالقاعدة بحيث يجتمع فى منطقة القاعدة عدد كبير من هذه الالـكترونات دون أن تجد مكانا للالتجاء إليه إلا أن تتجه نحو سطح الالتصاق الآخر الموجود بين القاعدة والطرف المجمع ، وعند ما تصل الالـكترونات إلى هذا السطح فسوف تجد هناك قوة تجذبها لتتخطى هذا السطح إلى الجزء الآخر من البللورة وهو من النوع السالب وهذه القوة يسببها توصيل هذا الجزء بالطرف الموجب لمصدر التيار المستمر .

وخلاصة القول أن سطح الالتصاق الأول يعمل كمصدر للالـكترونات

التى تتجمع فى منطقة القاعدة ثم تندفع متجهة نحو سطح الالتصاق الثانى لتصل إلى الطرف المجمع الذى يقوم بتوصيلها مباشرة إلى الطرف الموجب لمصدر التيار المستمر المتصل به .

ويجب أن نلاحظ هنا أنه فى دائرة الطرف المجمع لو وجدت بمفردها فلن يمر إلا تيار صغير جداً (سبق أن أوضحنا كيف يتم انتقاله) وذلك نظراً لتوصيل سطح التصاقه بالقاعدة فى الاتجاه العكسى . ولكن وجود سطح التصاق الطرف الباعث من سطح التصاق الطرف المجمع فى نفس البللورة سوف يعمل على مرور كمية أكبر من الالكترونات التى هى مصدر التيار الكهربى خلال سطح التصاق الطرف المجمع .

والواقع أنه عند صناعة الترانزستور تركز الجهود نحو تقليل سمك منطقة القاعدة (وهى الطبقة المحصورة بين الطرفين الباعث والمجمع) بدرجة تكفى لأن تصل كل الالكترونات التى يطلقها سطح التصاق الطرف الباعث إلى سطح التصاق الطرف المجمع ثم تمر خلاله إلى منطقة الطرف المجمع .

وتتخلص إذن حالة توصيل الترانزستور ذى الأقطاب المتلاصقة عند توصيله بمصادر التيار الكهربى السابقة فى أن الطرف الباعث يقوم بحقن منطقة القاعدة بالالكترونات .

ومما سبق نكون قد عرفنا حقيقة هامة وهى أن أساس عمل الترانزستور هى الالكترونات وما دام انطلاق الالكترونات من منطقة ودخولها إلى منطقة أخرى هو أساس هذا العمل فإن الترانزستور يكون إذن عبارة عن جهاز يشتغل على التغيرات فى التيارات الكهربية وهو عمل يخالف ما يحدث فى الصمام الالكترونى الذى ينبنى عمله على التغيرات فى الجهد ، فالتغيرات فى جهد الشبكة تسبب تغيرات مماثلة فى تيار المصعد .

إدخال الإشارات الكهربية فى الترانزستور :

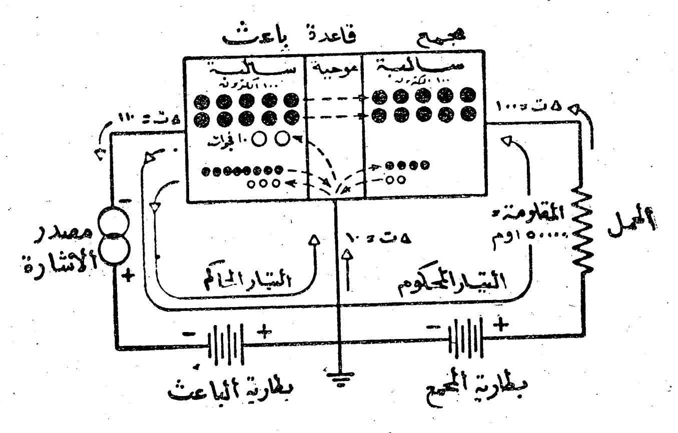
والآن نبـــدأ بدراسة ما يحدث عند ما تدخل إشـارة كهربية إلى الدائرة الأصلية وما يحدث لهذه الإشارة من تـكبير بواسطة الترانزستور بعد توصيله فى دائرة تـكون فيهـا القاعدة مشتركة بين دائرتى الطرف الباعث والطرف المجمع ، وتسمى مثل هذه الدائرة وهى المبينة بالرسم الآتى شكل (٦٣) بدائرة تـكبير ذات القاعدة المشتركة Common Base أو القاعدة الأرضية Grounded Base نسبة إلى أن الجهد المتصل بالقاعدة يساوى صفراً لتعادل الجهدين المتصلين بها . وفى هذا الرسم نجد أن الإشارة الـكهربية قد أدخلت على دائرة الطرف الباعث ، وتوصل دائرة الطرف المجمع بمقـاومة تمثل مقاومة الحمل ، ويمكن الاستغناء عن هذه المقاومة بجهاز كهربى يمكنه استهلاك التيار الذى يمر خلال دائرة الطرف المجمع مثل سماعة أو مضخم صوت أو مكثف أو محول أو سلك مقاومة . وعلى الرسم أيضاً تمثل الدوائر السوداء الصغيرة الالـكترونات التى تمر خلال الأجزاء المختلفة من الدائرة الـكهربية والناتجة عن توصيل الترانزستور بالبطاريات وهى التى تسبب التيار المسمى بالتيار الأصلى Bias Current .

والدوائر الصغيرة الفـارغة تمثل الفجوات التى تحدث من توصيل الترانزستور بالبطاريات وتسمى بالفجوات الأصلية .

وبما أن التيارات الأصلية تمر باستمرار عند إتمام توصيل البطايارت بالترانزستور فإنه يمكن اعتبار أن هذه الفجوات والالـكترونات فى حركة مستمرة .

أما الدوائر السوداء الـكبيرة فتمثل الالـكترونات ، والدوائر الـكبيرة الفارغة تمثل الفجوات وهما اللذان ينتجان من إدخال إشارة صغيرة فى هذه الدائرة .وعند النظر إلى التيارات الأصلية التى تمر فى الدائرة أولا عند

توصيلها بالبطاريات نرى أن الالـكترونات تندفـع من الطرف الباعث (وهو المصنوع من الجرمانيوم من النوع السالب) إلى منطقة القاعدة (وهى من النوع الموجب) ويتم مرور هذه الالـكترونات فى هذا الاتجاه لأن الطرف الباعث والقاعدة متصلين بالبطـارية فى اتجـاه التوصيل . ويتبـع تدفق الالـكترونات إلى القاعدة أندفاع الفجوات إلى الطرف الباعث وينتج عن انتقال الالـكترونات فى اتجاه القاعدة واندفاع الفجوات إلى الطرف الباعث فى الاتجاه المضاد تيار كهربى يمر خلال هذا الجزء من الدائرة وتبلغ قيمته مللى أمبير واحد عندما يكون جهد البطارية المستخدمة حوالى فولت واحد .



شـكل رقم (٦٣)

كيفية انتقال الالـكترونات والفجوات خلال الاجزاء المختلفة من الترانزستور . والدائرة الـكهربية هى دائرة تـكبير ذات قاعده أرضية أو قاعدة مشتركة .

الدوائر السوداء الـكبيره تدل على الالـكترونات الناتجة عن مصدر الاشارة
« المجوفة « « الفجوات « « « «
« السوداء الصغيره « « الالـكترونات الاصلية من البطارية
« المجوفة « « « الفجوات « « «

ونتجه الآن بنظرنا نحو دائرة الطرف المجمع فنجد أن الالـكترونات تندفع من منطقة القاعدة إلى الطرف المجمع (وهى من النوع السالب) وتنعكس الآية بالنسبة للفجوات التى تندفع من الطرف المجمع نحو القاعدة

ويعزى ذلك إلى توصيل الطرف المجمع بالطرف الموجب للبطارية الثانية والذى يقوم بجذب الالكترونات إليه وهى الالكترونات التى صارت متجمعة فى منطقة القاعدة . ويبلغ الجهد الموصل بدائرة الطرف المجمع والقاعدة ٦ فولت وينتج عنه تيار شدته ١ , . مللى أمبير فى هذه الدائرة . وكما ذكرنا سابقا فإن هذه التيارات لا تمر إلا عند توصيل الترانزستور فى الدائرة الكهربية التى سبق توضيحها .

وهنا نقف لحظة ... كيف إذن يحدث التكبير فى هذه الدائرة ... ؟! لابد أولا أن ننسى أو نتناسى لحظة ولو وجيزة هذه التيارات الكهربية الأصلية فى الدائرة ونركز كل اهتمامنا نحو التغير فى التيار الذى ينشأ فى دائرة الطرف الباعث عند إدخال الإشارة الكهربية فيها . والاهتمام باكتشاف أثر هذه الإشارة على دائرة الطرف المجمع والتى توصل بالحمل وتسمى لذلك بدائرة الخروج Output

فإذا بدأنا بفرض أن نتيجة توصيل الإشارة هى إضافة جهد موجب صغير إلى دائرة الطرف الباعث فإن هذا الجهد الواجب المضاف يقوم بتغيير الجهد الأصلى بين الطرف الباعث وبين القاعدة الموصلين فى اتجاه التوصيل. وعلى ذلك فإن الالكترونات يزيد تدفقها من الطرف الباعث إلى منطقة القاعدة . ولتقريب ذلك إلى الأذهان نفرض أن ١٠٠ الكترون قد تحركت من هذا الطرف الباعث إلى القاعدة فى وحدة زمنية ، وفى نفس الوقت تنتقل ١٠٠ فجوة من منطقة القاعدة إلى الطرف الباعث ولكن يجب أن لا يتساوى هذان العددان* وإنما يجب أن يكون تدفق الفجوات أقل من تدفق

---

* الا قلت كفاءة الترانزاستور ، وذلك لانه لو انتقلت ١٠٠ فجوة إلى الباعث نظير ١٠٠ إلكترون إلى القاعدة فيكون ذلك بمثابة انتقال ٢٠٠ وحدة تيار من الباعث إلى القاعدة ، فى حين أنه لا يمر من القاعدة إلى المجمع إلا الالكترونات فقط (نظرا لاتصال المجمع بالطرف الموجب للبطارية فينتقل ١٠٠ إلكترون فقط ويكون ذلك بمثابة مرور ١٠٠ واحدة تيار من القاعدة إلى المجمع وتصبح النسبة بين التيار الخارج والتيار الداخل هى $\frac{١٠٠}{٢٠٠} = \frac{١}{٢}$ وهذا يقلل من كفاءة الترانزاستور كما سيتضح ذلك عند الكلام على التحصيل .

الالـكترونات ولنفرض أن ١٠ فجوات فقط قد وصلت من القاعدة إلى الطرف الباعث (ويمكن تقليل عدد الفجواب التى تنتقل من القاعدة إلى الطرف الباعث بالتحكم فى كمية الشوائب الموجودة فى كل من المنطقتين) ولكى ينطلق ١٠٠ الـكترون من الطرف الباعث ويندفع ١٠ فجوات من القاعدة لابد أن تـكون كمية الزرنيخ فى الجرمانيوم المـكون للطرف الباعث قدر كمية البورون أو الأنديوم الموجودة فى الجرمانيوم المـكون لمنطقة القاعدة عشر مرات .

ولـكى يقوم الترانزستور بعمله خير قيام فإنه يراعى عند صناعته أن تـكون منطقة القاعدة ذات سمك صغير جدا حتى تسمح لجميع الالـكترونات بالانتقال من منطقة الطرف الباعث إلى منطقة الطرف المجمع بخاصية الانتشار عبر منطقة القاعدة ذات السمك الصغير .

ولنفرض أنه حدث فعلا أن جميع الالـكترنات تصل مباشرة إلى سطح الالتصاق بين الطرف المجمع والقاعدة حيث تنجذب إلى منطقة الطرف المجمع بواسطة الجهد الموجب للبطارية المتصلة بهذا الطرف .

ولزيادة توضيح التيارات التى تمر فى كل من دائرتى الدخول والخروج لهذا الجهاز المـكبر نقوم بعمليات حسابية بسيطة للتيارات المارة فى الأسلاك المتصلة بالمناطق الثلاث لهذا الترانزستور ، ولذلك نفرض أن كل الـكترون فى الفرض السابق يمثل وحدة لشدة التيار فتكون شدة التيار الذى يمر فى السلك المتصل بالطرف الباعث يساوى ١٠٠ وحدة (وذلك لأن وصول ١٠ فجوات من القاعدة يساوى تماما انتقال ١٠ الـكترونات إضافية إلى القاعدة) وعلى ذلك يـكون مجموع عدد الالـكترونات التى تمر خلال سطح الالتصاق بين الطرف الباعث والقاعدة يساوى ١٠ + ١٠٠ = ١١٠ الـكترون .

وأما السلك المتصل بالقاعدة فتكون شدة التيار المار فيه ١٠ وحدات فقط (لأن خروج ١٠ فجوات من منطقة القاعدة يماثل وصول ١٠ الـكترنات إليها) وهذا التيار الأخير ينشأ من انتقال الفجوات فقط من منطقة القاعدة

إلى الطرف الباعث . ويلاحظ أن الالكترونات التى تصل إلى منطقة القاعدة (١٠٠ الكترون) تعبرها وتصل كلها إلى منطقة الطرف المجمع ، ولذلك فان هذه الالكترونات لن تدخل فى حساب شدة التيار المار فى القاعدة .

والخلاصة أن نتجه اضافة جهد الإشارة هو أحداث زيادة فى شدة تيار دائرة الطرف الباعث بمقدار ١١٠ وحدة شدة تيار وفى نفس الوقت أحداث زيادة فى شدة تيار دائرة الطرف المجمع بمقدار ١٠٠ وحدة أى أن زيادة التيار فىدائرة الدخول (الناتجة من الاشارة) قدره ١١٠ وحدة وزيادة التيار فى دائرة الخروج (دائرة الحمل) قدره ١٠٠ وحدة .

والنسبة بين زيادة التيار الخارج إلى زيادة شدة التيار الداحل نسبة هامة وتسمى(التحصيل) Gain أوعامل(الفا) Factor - ∝ ويساوى فى هذا المثل $\frac{١٠٠}{١١٠}$

ويلاحظ أن التحصيل هنا أقل من الوحدة وهو فعلا مايحدث فى الترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة عندما يوصل فى دائرة التكبير ذات القاعدة المشتركة بين دائرتى الدخول والخروج .

وهنا أمر يستوقف النظر وقد يبدو غريباً إذ كيف يمكن أن يكون التيار الذى يدخل الترانزستور ١١٠ وحدات والذى يخرج منه ١٠٠ وحدة فقد ومع ذلك يقال إن هناك عملية تكبير وأن الجهاز يعمل كمكبر ...؟ والواقع أن الجهار لا يقوم بتكبير شدة التيار . فما الذى يقوم بتكبيره إذن .. مادام لا يكبر التيارات الكهربية ... ؟؟

والجواب عن ذلك التساؤل هو أن الترانزستور يقوم بتكبير القدرة الكهربية ويذكر القارىء أن

القدرة = شدة التيار × فرق الجهد

أو = مربع شدة النيار × الممانعة أو المقاومة

فلابد أن السر يكمن فى الممانعة (حيث أن التيار لايكاد يطرأ عليه تغيير) فما دور الممانعة فى التكبير .... ؟

لو كانت ممانعة الدائرة المتصلة بالطرف الباعث هى نفس ممانعة الدائرة

المتصلة بالطرف المجمع لما كان هناك تكبير . ولكن ممانعة دائرة الطرف المجمع تكون عادة أكبر من ممانعة دائرة الطرف الباعث ، والسبب فى فى ذلك راجع إلى طريقة توصيل كل من الطرفين بمصدرى التيار الكهربى ، فممانعة دائرة الدخول (دائرة الباعث) تكون منخفضة (حوالى ١٠٠ أوم) نظراً لتوصيلها بالبطارية فى إتجاه التوصيل . وأما ممانعة دائرة الخروج (دائرة المجمع) فتكون عادة كبيرة جداً نظراً لتوصيل سطح التصاق الطرف المجمع بالقاعدة بالبطارية فى الإتجاه العكسى ، وقد تصل ممانعة هذه الدائرة إلى مليون أوم وذلك فى الأنواع الجيدة من الترانزستور وتشمل ممانعة دائرة الخروج ممانعة الحمل .

فإذا فرضنا الآن أن ممانعة دائرة الدخول = ١٠٠ أوم وممانعة دائرة الخروج ٥٠٠٠٠ ألف أوم وأن كل وحدة من وحدات شدة التيار السابقة تساوى ميكرو امبير واحداً

فتكون الزيادة فى شدة التيار المار فى دائرة الطرف الباعث = ١١٠ ميكرو امبير .

والزيادة فى شدة التيار المار فى الطرف المجمع = ١٠٠ ميكرو امبير

∴ القدرة الداخلة $= \frac{١١٠ \times ١١٠ \times ١٠٠}{١٠٠٠٠٠٠ \times ١٠٠٠٠٠٠} =$ ٠٠٠٠٠١٢١, واط

= ٠٠١٢١, مللى واط

والقدرة الخارجة $= \frac{١٠٠ \times ١٠٠ \times ٥٠٠٠٠}{١٠٠٠٠٠٠ \times ١٠٠٠٠٠٠} =$ ٠٠٠٥, واط

= ٥, مللى واط

إذن تحصيل القدرة أو قوة تكبير القدرة $= \frac{٥,}{٠٠١٢١,} = ٤١٣$

ومعنى ذلك أن الترانزستور عندما تكون ممانعة دائرة دخوله ١٠٠ أوم وممانعة دائرة الخروج فيه ٥٠٠٠ أوم فإن القدرة الكهربية التى تدخله سوف تخرج منه مكبرة ٤١٣ مرة .

وما دام هناك تكبير للقدرة فلابد أن يكون هناك تبعاً لذلك تكبير فى الجهد فإذا فرضنا أن جهد الإشارة الداخلة فى الترانزستور يساوى ٠١١, فولت وهى قيمة يمكن حسابها باستخدام قانون أوم (جـ = ت × م) حيث يكون

جهد الاشارة (جـ) = $\frac{١١٠ \times ١٠٠}{١٠٠٠٠٠٠}$ = ٠١١, فولت .

ويكون الجهد عند طرفى مقاومة الحمل = $\frac{١٠٠ \times ٥٠٠٠٠}{١٠٠٠٠٠٠}$ = ٥ فولت

إذن تحصيل الجهد أو قوة تكبير الجهد = $\frac{٥}{٠١١,}$ = ٤٥٥

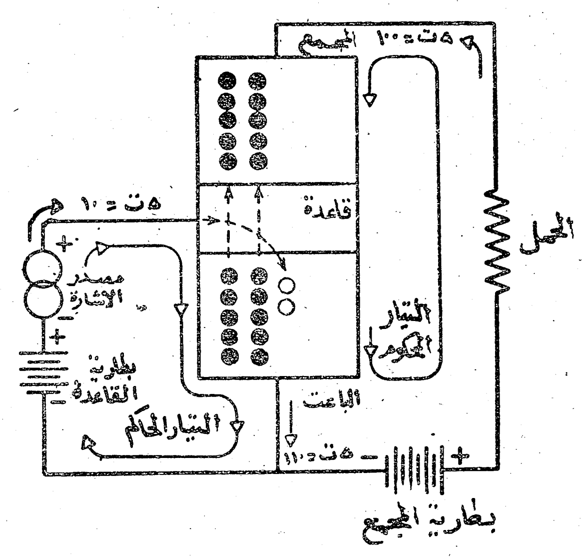
أى أن جهد الإشارة الذى دخل الترانزستور قد خرج منه مكبراً ٤٥٥ مرة

ومهما كان أمر تكبير الجهد فإنه لابد أن نتذكر دائماً أن الترانزستور يقوم عمله على التغيرات فى شدة التيار المار فى دائرة الطرف الباعث إذ أن الإشارة التى تدخل هــذه الدائرة تنتقل كما هى دون تغيير يذكر إلى دائرة الطرف المجمع ، ومادامت ممانعة دائرة المجمع أكبر من ممانعة دائرة الطرف الباعث فإن القدرة الكهربية الخارجة من دائرة الطرف المجمع (دائرة الخروج) تكون أكبر من القدرة الداخلة فى دائرة الطرف الباعث (دائرة الدخول) فيحدث تكبير فى القدرة الكهربية .

وهناك دائرة تكبير أساسية أخرى يمكن استغلال الترانزستور فيها وتسمى دائرة تكبير ذات الطرف الباعث المشترك (أو ذات الطرف الباعث الأرضى . Grounded or Common Emitter

وسوف نفرض استخدام نفس الترانزستور الذى سبق شرح توصيله فى دائرة تكبير ذات القاعدة المشتركة وكذلك سوف نفرض نفس الجهود المستخدمة بالأجزاء المختلفة فى الترانزستور ونفس شدة التيار التى يسببها

توصيل الترانزستور باشارة كهربية ذات جهد خاص ويمثل الرسم (شكل ٦٤) هذه الدائرة ، ويلاحظ هنا أن الطرف الموجب لإحدى البطاريتين متصل بالقاعدة والقطب السالب لها متصل بالطرف الباعث وأن القطب الموجب للبطارية الثانية متصل بالطرف المجمع خلال مقاومة الحمل ، وأما القطب السالب لها فهو متصل بالطرف الباعث (بدلا من توصيله بالقاعدة كما فى الدائرة الأولى) ، أما مصدر الاشارة الكهربية فهو موصل بالقاعدة (بدلا من توصيله بالطرف الباعث كما حدث فى الدائرة الأولى) .



شكل (٦٤)
كيفية انتقال الألكترونات والفجوات خلال الأجزاء المختلفة من الترانزستور
الدائرة الكهربية هى دائرة تكبير ذات الطرف الباعث المشترك

وسوف نرى هنا أن هذا الاختلاف فى التوصيل يسبب اختلافا فى تحصيل التيار (Current Gain) وبالعودة إلى نفس الاعداد التى سبق استخدامها فى الدائرة الأولى فإن سطح اتصال الطرف الباعث سوف تحدث فيه نفس التغيرات السابقة بناء على توصيله بالبطارية فى اتجاه التوصيل وبهذا يكون عدد الالكترونات والفجوات التى تمر خلال الطرف الباعث مساوية

للعدد السابق ، وعلى ذلك فان التيارات التى تمر خـلال الأجزاء المختلفة من الترانزستور سوف تـكون مساوية للتيارات التى مرت فى الدائرة السابقة .

أما عند إدخال الإشارة التى تسبب زيادة فى الجهد الموجب ، فحيث أنها فى هذه المرة متصلة بالقاعدة فإنهاتسبب زيادة الفجوات التى تنتقل من القاعدة إلى الطرف الباعث (ولنفرض أن عدد هـذه الفجوات هو ١٠) وبما أن نسبة الشوائب فى القاعدة إليها فى الباعث هو ١٠ ./. فإن دخول ١٠ فجوات إلى منطقة الطرف الباعث ينتج عنه إنتقال ١٠٠ الـكترون من منطقة الباعث إلى منطقة القاعدة ثم إلى الطرف المجمع (لتأثير الجهد الموجب الموصـل بالمجمع) . وتـكون النتيجة أن عدد وحدات شدة التيار الداخلة إلى الباعث = ١٠ وحدات والخارجة من المجمع = ١٠٠ وحدة .

وعلى ذلك فإن تحصيل التيار فى هذه الدائرة = $\frac{١٠٠}{١٠}$ = ١٠

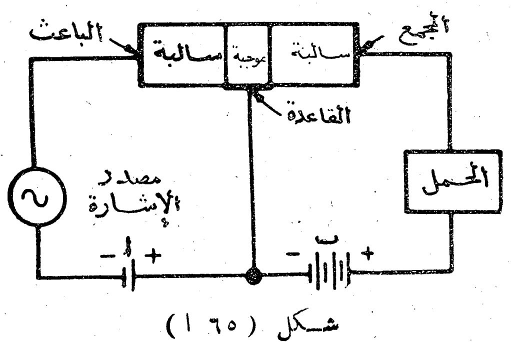
ويلاحظ أن هذه النسبة كانت فى الدائرة السابق ذكرها أقل قليلا من الوحدة أما فى هذه الدائرة فتسمى النسبة بين التغير فى شدة التيار الخارج إلى التغير فى شدة التيار الداخل (تحصيل التيار) بعامل بيتا (B - Factor) .

كما أنه يحدث تحصيل فى القدرة أكبر مما ينتج عند توصيل الدائرة الأولى. ومما تجدر ملاحظته أن ممانعة دائرة الدخول لها قدر أكبر من ممانعة الدخول فى الدائرة الأولى ، كذلك فإن ممانعة دائرة الخروج لها قدر أصغر منها فى الدائرة الأولى ، إلا أنه على كل حال فى النتيجه النهائية يكون القدرة فى هذه الدائرة أكبر منه فى الدائرة الأولى .

ويحدّد استخدام أى من الطريقتين للتوصيل ، قيم الممانعات المستخدمة فى هذا التوصيل .

الترانزستور ذو الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة

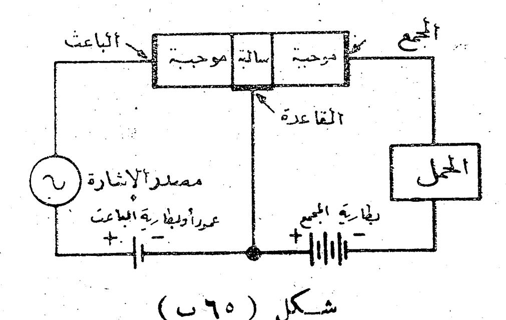
تركب من جزء من بللورة مفردة قد أضيفت إليه كميات مناسبة من الشوائب (الزرنيخ والبورون) ، بحيث يتكون فى هذه البللورة منطقتين من النوع الموجب تفصلهما منطقة من النوع السالب .



شكل (٦٥ ا)

طريقة توصيل الترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة السالبة الموجبة السالبة بالمصادر الأصلية ومصدر الاشارة الكهربية فى دئراة تكبير ذات قاعدة مشتركة

ولا يفترق هذا النوع عن النوع السابق ذى الأقطاب المتلاصقة السالبة الموجبة السالبة إلا فى طريقة توصيلهما بالبطاريات شكلى (٦٥ ا ، ب) ، إذ يعكس توصيل البطاريات بهذا الترانزستور ، أى أن الطرف الباعث يوصل بجهد موجب بالنسبة للقاعدة والطرف المجمع يوصل بجهد سالب بالنسبة للقاعدة وفى هذه الحالة يكون مرور التيار الكهربى عن طريق انتقال



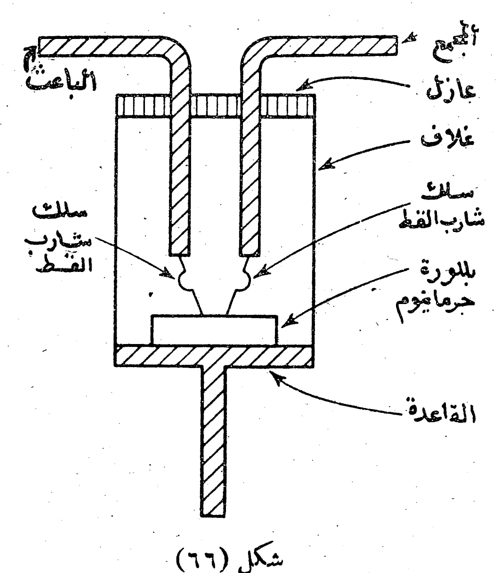
شكل (٦٥ ب)

طريقة توصيل الترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة بالمصادر الأصلية ومصدر الأشارة الكهربية فى دائرة تكبيرذات قاعدة مشتركة

الفجوات من الطرف الباعث إلى القاعدة حيث تتجمع وتنتشر فيها ، ثم تنجذب إلى منطقة الطرف المجمع المتصل بالطرف السالب للبطارية الثانية . ومعنى ذلك أن سير الالكترونات فى هذه الدائرة سوف يكون عكس سيرها فى الدائرة التى استخدم فيها الترانزستور ذو الأقطاب المتلاصقة السالبة الموجبة السالبة . ويمكن توصيل هذا الترانزستور فى دائرتى تكبير أساسيتين تشبهان تماما دائرتى تكبير الترانزستور السابق بعد عكس توصيل البطاريات، ولن يختلف تشغيله عن سابقه .

الترانزستور ذو نقطتى التلامس Point Contact Tr.

فى النوعين السابقين كانت الفكرة الأساسية هى استغلال خواص سطح التصاق بللورتين من نوعين مختلفين لمادة نصف موصلة . أما فى هذا النوع فيستغل خواص موضع تلامس طرف سلك من مادة موصلة بسطح مادة نصف موصلة شكل (٦٦) . فعند تلامس طرف مدبب من سلك معدنى

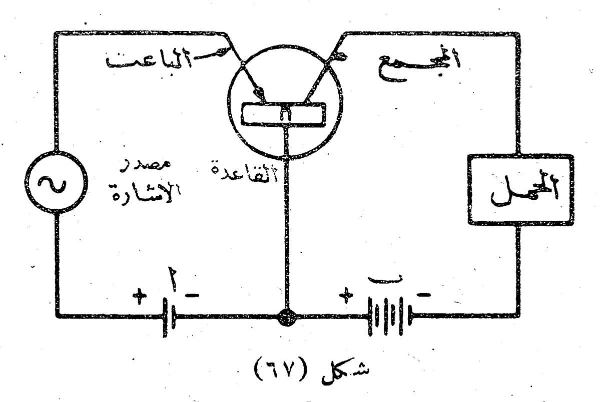


شكل (٦٦)

مقطع طولى فى الترانزستور ذى نقطتى التلامس لبيان تركيبه

صغير المقطع بمادة نصف موصلة يتكون على جانبى هذا السطح فرق فى الجهد يشبه تماما فرق الجهد بين سطح التصاق نوعين من الجرمانيوم الموجب والسالب .

وتستغل هذه الخاصية لسطحين من هذه السطوح فى صناعة الترانزستور من النوع ذى نقطتى التلامس . ويلاحظ أن أحد السطحين يوصل ببطارية فى اتجاه التوصيل ويقوم بعمل الطرف الباعث ، ويوصل الآخر ببطارية فى الاتجاه العكسى ويقوم بعمل الطرف المجمع شكل (٦٧) .



شكل (٦٧)

الدائرة الكهربية التى يستخدم فيها الترانزستور من النوع السالب ذى نقطتى التلامس لتكبير الاشارات الكهربية

وأهم الفروق بين الترانزستور ذى نقطتى التلامس والترانزستور ذى الأقطاب المتلاصقة يتخلص فى أن الطرف المجمع فى النوع الأول هو الذى يقوم بدفع الالكترونات أو الفجوات فى منطقة القاعدة ، والمقدار الذى يندفع إلى القاعدة سوف يؤثر فى التيار المار فى دائرة الطرف المجمع و يتناسب مقدار ما يصل إلى القاعدة (من الالكترونات أو الفجوات) من الطرف المجمع تناسباً طردياً مع تيار الطرف الباعث . ونتيجة لهذا فإن التيار المار فى دائرةالطرف المجمع يكون أكبرمن التيار المار فى دائرة الطرف الباعث بحيث تكون نسبة تكبير التيار (الفا) أكبر من واحد صحيح .

صناعة الترانزستور

بعد أن عرفنا النظرية التي يقوم عليها عمل الترانزستور ، سنبحث فى هذا الفصل الطرق الصناعية والأشكال المختلفة للترانزستور . ونبدأ أولا بدراسة كيفية صناعة الترانزستور ذى الأقطاب المتلاصقة (السالبة الموجبة السالبة) و (الموجبة السالبة الموجبة) .

وتنقسم طرق صناعة الترانزستور إلى ثلاثة أنواع رئيسية :

١ — طريقة نمو البللورة المتلاصقة Grown Junction .

٢ — طريقة النمو بالحركة المتغيرة السرعة Rate Grown .

٣ — طريقة اللحام لتكوين سبيكة Alloying .

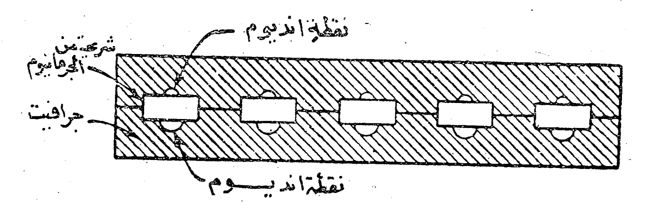
الطريقة الأولى : وهى أهم الطرق فى صناعة الترانزستور ذى الأقطاب المتلاصقة وأساسها هو تنمية بللورة مفردة من جهة الحجم ، ويبدأ فيها بوضع كمية من الجرمانيوم النقى جداً مع كمية من الزرنيخ داخل بودقة من الجرافيت يمكن تسخينها إلى درجات عالية من الحرارة . ويمكن سحب ساق من داخل هذه البودقة إلى أعلى بحيث تدور حول نفسها أثناء انسحابها من داخل البودقة ببطء أو بسرعة يمكن التحكم فيهما بواسطة جهاز دوران خاص مركب على هذه الساق . وعند ما يتم انصهار الجرمانيوم الموضوع فى البودقة بعد التسخين يلقى فى المصهور ببللورة مفردة صغيرة روعى فى صنعها انتظام سطوحها انتظاما يشابه ترتيب الذرات فيها ، وعند ما يتعلق بالبللورة جزء من المصهور تسحب هذه البللورة إلى أعلى من المصهور ببطء بحيث تدار أثناء انسحابها ، تماما كما ينسحب المسار المحوى (القلاووظ) من (صامولته) . وعند ما يتعرض المصهور للهواء البارد فإنه يجمد بالتدريج

كلما خرجت البللورة المفردة من المصهور بحيث تتكون أثناء عملية الانسحاب بللورة واحدة صلبة ويكون ترتيب الذرات فيها موازياً لترتيبه فى البللورة المفردة الأصلية (البذرة) ويتم التبريد اللازم لتصلب البللورة عن طريق انتقال الحرارة خلال البللورة إلى الساق المعدنية الممسكة بها والتى تسبب انسحابها ودورانها وتنتقل الحرارة بالإشعاع إلى الجو المحيط . هذا ما يحدث لتكوين بللورة مفردة كبيرة الحجم . أما من ناحية المناطق المختلفة التى يجب تكوينها فى هذه البللورة فيتم ذلك عن طريق وضع كمية من عنصر البورون على سطح المصهور عند ما يبلغ الجزء المتصلب الخارج من المصهور طولا مناسباً فتتكون عند سحب البللورة منطقة من النوع الموجب ولكى يتم تكوين بقية المنطقة السالبة توضع كمية أخرى من الزرنيخ على السطح لتزيل آثار عنصر البورون ويصبح الجزء الأخير من البللورة من النوع السالب . ويلاحظ أن عملية دوران البللورة أثناء تكوينها تكفل انتشار عنصر البورون أو الزرنيخ انتشاراً منتظما فى مصهور الجرمانيوم .

وبالطريقة السابقة يكون قد تم صنع بللورة مفردة كبيرة الحجم من الجرمانيوم تحتوى على الأقطاب السالبة والموجبة والسالبة متلاصقة تلاصقاً تاما ثم تقسم هذه البللورة إلى أجزاء يحتوى كل منها على المناطق الثلاث الموجودة فى البللورة المفردة ثم يلحم فى كل منطقة سلك معدنى للتوصيل بحيث تمثل المنطقة الوسطى قاعدة الترانزستور . وبعد ذلك يغلف الجهاز بغلاف من الزجاج أو البلاستيك ويلحم الغلاف جيداً حتى يبعد آثار الرطوبة والأتربة التى تسبب تلف مكونات الترانزستور . وبنفس هذه الطريقة يمكن الحصول على ترانزستور ذى أقطاب متلاصقة موجبة سالبة موجبة .

و<u>الطريقة الثانية</u> : لصناعة الترانزستور ذى الأقطاب المتلاصقة تشبه تماما الطريقة السابقة ؛ وهى التى تعتمد على تنمية بللورة مفردة صغيرة من

الجرمانيوم بوضعها على سطح مصهور الجرمانيوم ، ثم سحبها ببطء ؛ ولكن في هذه الطريقة وهى المسماة طريقة « النمو بالحركة المتغيرة السرعة » يحتوى المصهور على كل من الزرنيخ والبورون ، وبتغيير سرعة انسحاب البللورة من المصهور ، تتكون بللورة مفردة ذات مناطق تحتوى على الزرنيخ وأخرى على البورون . فعند سحب البللورة ببطء يتجمد الجرمانيوم من النوع السالب ، وعند إسراع عملية سحب البللورة ، تتكون منطقة من الجرمانيوم الموجب ، ثم بإبطاء سرعة السحب ثانية تتكون منطقة من الجرمانيوم السالب . وهكذا يمكن الحصول على بللورة مفردة واحدة يوجد بها عدد كبير من المناطق الموجبة والسالبة على التوالى . وهذه الطريقة أرخص بكثير من الطريقة الأولى .

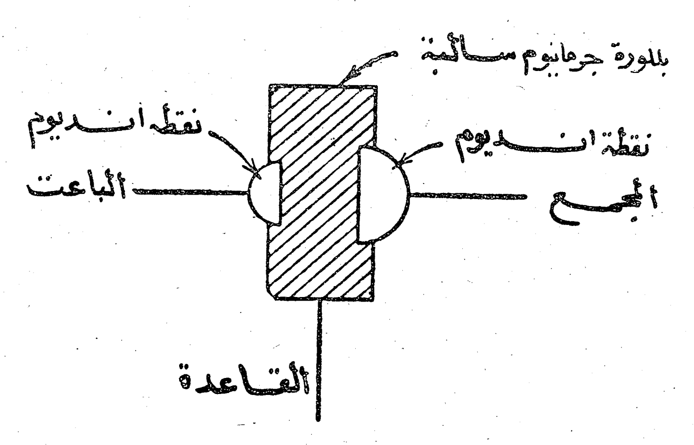


شكل (٦٨)

القالب المصنوع من الجرافيت المستخدم لصناعة الترانزستور من النوع ذى الاقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة بطريقة اللحام

أما الطريقة الثالثة : من طرق الحصول على الترانزستور ذى الأقطاب المتلاصقة ، فهى طريقة تكوين سبائك الجرمانيوم مع الزرنيخ أو الجرمانيوم مع البورون أو الأنديوم . وتشبه هذه الطريقة عملية لحام القصدير بأسلاك النحاس . وتبدأ الطريقة بأخذ بللورة من الجرمانيوم السالب ثم تقسم إلى أجزاء طول كل منها حوالى $\frac{1}{2}$ بوصة وعرضها $\frac{1}{8}$ بوصة ثم توضع هذه الأجزاء داخل تجاويف مساوية لها فى الحجم محفورة داخل نصفين من الجرافيت يمكن ضمهما إلى بعضهما البعض كما هو واضح فى الرسم (شكل ٦٨) . ويوضع على جانبى كل قطعة من قطع الجرمانيوم نقطتين

مجهزتين تجهيزاً خاصاً من عنصر الإنديوم فى تجويفين خاصين بهما داخل نصفى متوازى المستطيلات المصنوع من الجرافيت (القالب) ومن المعلوم أن الجرافيت يمكنه أن يتحمل درجات عالية من الحرارة دون أن يتأثر أو ينصهر . ويوضع قالب الجرافيت بعد ذلك فى فرن درجة حرارته ٥٠٠°م لمدة قصيرة حيث يحاط القالب بجو من غاز الأيدروجين ليمنع التفاعلات . وبواسطة هذه الحرارة الشديدة ينصهر الإنديوم ويبدأ فى الارتباط بقطعة الجرمانيوم (فى عملية تشبه تماما عملية اللحام بالقصدير) ليكون سبيكة من الجرمانيوم والإنديوم ، ثم يخرج القالب من الفرن ويترك ليبرد ثم تلحم فى البللورة المجهزة ثلاثة أسلاك . ويلاحظ أن كمية الإنديوم الموضوعة على أحد الجانبين صغيرة وتمثل الطرف الباعث . والأخرى كبيرة وتمثل الطرف المجمع . أما قطعة الجرمانيوم السالبة فى الوسط فتمثل القاعدة شكل (٦٩) ويلاحظ أن قطعتى الانديوم سوف ترتبطان ارتباطا تاما بالجرمانيوم بحيث يتكون نتيجة هذا الاتحاد بللورة مفردة . والترانزستور الناتج من هذه العملية من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبه السالبة الموجبة .



شكل (٦٩)

مقطع طولى فى الترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة المصنوع بطريقة اللحام

ويمكن الحصول على الترانزستور ذى الأقطاب المتلاصقة السالبة الموجبة السالبة وذلك باختيار قطعة الجرمانيوم من النوع الموجب وتلحم فيها بالطريقة السابقة قطعتان من عنصر الزرنيخ أو الأنتيمون على جانبيها .

ومن الناحية التجارية فإن طريقة اللحام أسهل بكثير من الطرق الأخرى للحصول على كميات كبيرة من الترانزستور بتكاليف قليلة . وفى الحالات القليلة التى يلزم فيها صناعة ترانزستور يحتوى على كميات محدودة من الشوائب فإن الطريقة الأولى (نمو البللورة المتلاصقة) تعتبر أفضل الطرق .

أنواع الترانزستور :

سبق أن تعرضنا للنوعين الرئيسين من أنواع الترانزستور وهما النوع (س. م. س.) * والنوع (م. س. م.) * ويوجد غيرهما بعض الأنواع الاخرى المستعملة فى دوائر معينة منها .

١) ترانزستور الخطاف Hook Transistor :

وهو يتكون من بللورة مفردة تحتوى على أربع مناطق من الجرمانيوم بنوعيه سالبة وموجبة ثم سالبة وموجبة ، ولهذا النوع ثلاثة أسطح التصاق تستغل كلها للحصول على قوة تكبير ذات قيمة كبيرة . ولكن هذا النوع له عيوب أهمها التشويش Distortion ، الذى ينتج عند إستعماله ولذلك فإنه لم يستعمل تجارياً بدرجة كبيرة .

٢) الترانزستور وحيد القطب Unipolar Transistor :

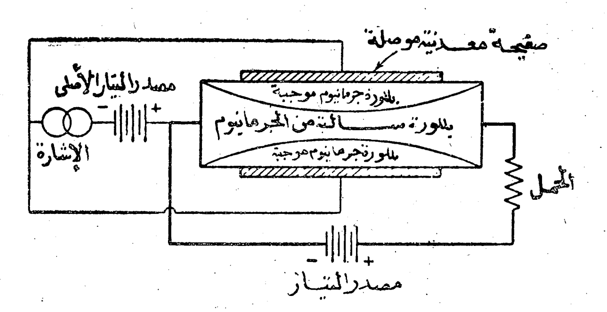
وهو نوع خاص من الترانزستور بالرغم من أن عمله مبنى على وجود

---

* (س . م . س) ترمز إلى الترانزستور ذى الأقطاب المتلاصقة السالبة الموجبة السالبة .

* (م . س . م) ترمز إلى الترانزستور ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة .

سطحى إلتصاق بين جزئين من الجرمانيوم بنوعيه الموجب والسالب ، إلا أن نظرية عمله تختلف عن نظرية عمل الترانزستور الأساسية التى سبق شرحها .



شكل (٧٠)

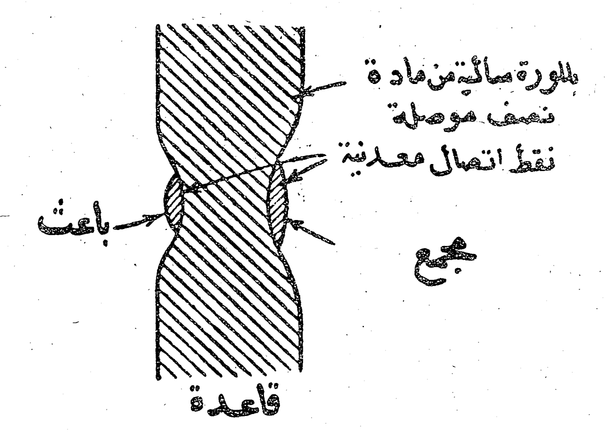
مقطع عرضى فى الترانزستور وحيد القطب والدائرة الكهربية التى يستخدم فيها لأحداث التكبير

ويتركب هذا النوع من طبقة من الجرمانيوم من النوع السالب تنحصر بين طبقتين من الجرمانيوم الموجب كما هو مبين بالرسم (شكل ٧٠) ، وفى هذا الرسم أيضاً تتضح طريقة توصيله فى دائرة كهربية ليقوم فيها بعملية التكبير ، ولتسهيل شرح كيفية قيامه بالتكبير نفرض وجود تيار أصلى هو الذى يمر من البطارية خلال الطبقة الوسطى السالبة وخلال الحمل . وأما الدائرة الأخرى المبينة فى الرسم ففيها يتصل أحد طرفى مصدر الإشارة الكهربية بالطبقتين الموجبتين والطرف الآخر بالقطب السالب للبطارية الثانية التى يتصل قطبها الموجب بالطبقة المتوسطة السالبة فى الترانزستور .

وعندما يمر التيار الأساسى خلال الطبقة المتوسطة فان تغيير جهد مصدر الإشارة يزيد أو يقلل من جهد البطارية المتصلة به ويؤثر ذلك فى انتقال الكهربية (حركة الالكترونات) خلال الطبقة المتوسطة . وبالرغم من أن هذا النوع يمكن أن يكون نافعاً جداً من الناحية العملية إلا أنه لا يستعمل بصورة واسعة نظراً لارتفاع درجة التشويش فيه .

٣) الترانزستور ذو الحاجز السطحى Surface Barrier Transistor :

يصنع هذا النوع من قطعة من الجرمانيوم السالب يسلط على جانبيها المتقابلين خيط رفيع من محلول ملح يتحلل كهربيا أثناء اندفاعه وتصويبه إلى البللورة ويمر خلال هذا المحلول تيار كهربى مناسب يقوم بعمل حفرتين متقابلتين فى سطحى قطعة الجرمانيوم (موجب أو سالب) ثم يوقف اندفاع السائل نحو هذه القطعة عندما يصل سمك الجرمانيوم إلى السمك المطلوب . ثم يعاد دفع محلول ملح آخر لمعدن مناسب ويعكس توصيل التيار الكهربى فيترسب فى كل من الحفرتين كمية من هذا المعدن . وبذلك لا يكون هناك فى هذا الترانزستور سطحى التصاق بين نوعين من مادة نصف موصلة ، ولكن يستغل فيه خواص سطحى التصاق بين معدن ومادة نصف موصلة شكل (٧١) .



شكل (٧١) مقطع طولى فى الترانزستور ذى الحاجز السطحى

ونظرية عمله لا تختلف عن عملية التكبير فى النوع السابق ذى الأقطاب المتلاصقة ولكن يمتاز عنه بإمكان التحكم فى سمك طبقة الجرمانيوم المتوسطة بين القطبين المعدنيين بحيث يمكن استعمال هذا الترانزستور مع التيارات ذات التردد العالى جداً .

٤) الترانزستور ذو الأقطاب المتلاصقة الموجبة ـ السالبة ـ إنديوم ـ الموجبة

P. N. I. P. Iunction Transistor

وذو الأقطاب المتلاصقة السالبة ـ الموجبة ـ إنديوم ـ السالبة .

N. P. I. N. Iunction Transistor.

ولا يختلف عن النوع الرئيسى السابق إلا فى وجود طبقة من عنصر الانديوم بين القاعدة والطرف المجمع ، وتقـــوم هذه الطبقة الجديدة بعمليتين هامتين :

الأولى — أنها تقوم بعزل القاعدة عن الطرف المجمع مما يساعد على تقليل سمك منطقة القاعدة بدرجة كبيرة وهو الأمر الذى سبق أن تبين مدى لزومه وأهميته دون حدوث تماس بين منطقة الطرف المجمع ومنطقة الطرف الباعث .

الثانية — بهذه الطريقة يمكن الحصول على قاعدة ذات سمك رقيق والتحام الانديوم فيه يجعل القاعدة سميكة بحيث يمكن لحام أسلاك التوصيل فيها .

٥) الترانزستور الطافى Drift Transistor :

يتكون من قطعة من الجرمانيوم بها ثلاث مناطق : منطقة الطرف الباعث ومنطقة القاعدة ومنطقة الطرف المجمع ويلاحظ أن نوع الجرمانيوم فى القاعدة يختلف عن نوعه فى كل من الباعث والمجمع فهو إذن يشبه الترانزستور ذا الأقطاب المتلاصقة الذى سبق شرحه ولكن يختلف عنه فى أن كمية الشوائب الموجودة فى الطرف الباعث تكون كبيرة جداً عند بدايته ثم تقل بالتدريج حتى القاعدة ثم تقل فى الطرف المجمع وتظل فى تناقص مستمر حتى الطرف الآخر للترانزستور .

٦) الترانزستور ذو القاعدة المنتشرة Diffused Base Transistor :

تؤخذ شريحة من الجرمانيوم من نوع خاص (موجب أو سالب) وتوضع فى فرن وتصهر ويذر على سطحها كمية صغيرة من الشوائب من النوع المخالف وتتركز على السطح وتنتشر هذه المادة فى الجرمانيوم مكونة طبقة رقيقة هى منطقة القاعدة . ثم يلحم الطرف الباعث من النوع الأول فوق هذا السطح . وأما الطرف المجمع فهو قطعة الجرمانيوم الأصلية ويمكن بواسطة هذه الطريقة الحصول على طبقة رقيقة جداً تحتوى على شوائب من نوع خاص لتكوّن منطقة القاعدة وهو ما يساعد على تشغيل هذا الترانزستور فى الدوائر الكهربية التى تمر فيها تيارات ذات تردد عال جدا .

استخدام السطوح المتلاصقة بين المواد النصف الموصلة فى أجهزة أخرى

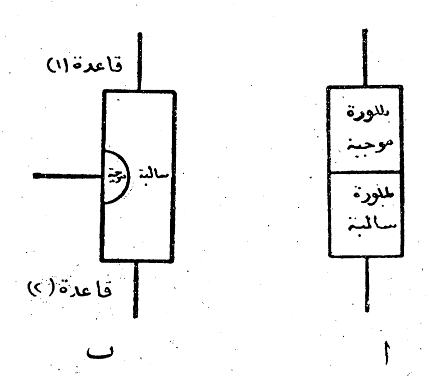
عندما درسنا المواد النصف الموصلة كنا نهدف إلى التمهيد لموضوعنا الرئيسى وهو الترانزستور . ولكن الترانزستور فى الواقع بالرغم من أهميته البالغة التى عنينا بإبرازها خلال الصفحات السابقة لم يكن إلا تركيباً واحداً من تركيبات مختلفة تدخل فى صناعتها المواد النصف الموصلة نكتفى بمجرد ذكر بعضها فيما يلى :

١ ـــ الموحد الثنائى ذو القاعدة المزدوجة Double Base Diode شكل (٧٢ ب) .

٢ ـــ موحد زينر Zener's Diode

٣ ـــ الثرميستور أو المنظم الحرارى Thermistor

٤ ـــ الموحد الثنائى الضوئى Photodiode



شكل (٧٢)

ا — رسم تخطيطي للموحد البلورى العادى .

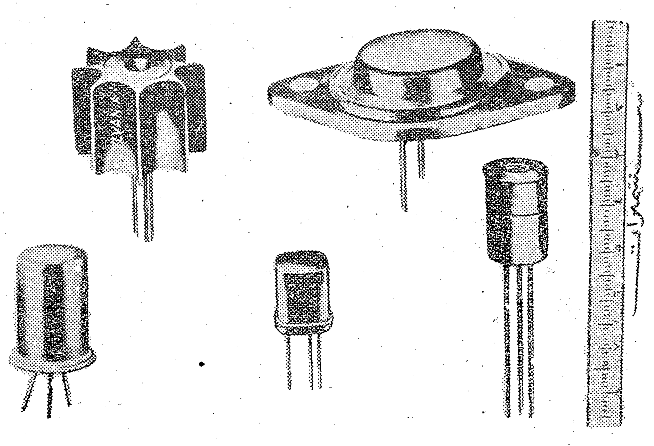
ب — رسم تخطيطي للموحد البلورى ذى القاعدة المزدوجة .

وتستغل فى هذه الأنواع سطوح الاتصال بين نوعى الجرمانيوم الموجب والسالب بحيث يؤثر الضوء أو الحرارة أو الكهربية عليها ويغير من خواص التيار الكهربى المار فيها .

أشكال الترانزستور وحجومه

تعتبر على وجه العموم حجوم الأنواع المختلفة من الترانزستور صغيرة جدا إذا قورنت بنظائرها من الصمامات الألكترونية على أنه توجد حجوم وأشكال من الترانزستور تتفاوت تفاوتا كبيرا فبعضها يبلغ من الصغر حدا يساوى حجم حبة الفاصوليا أو البسلة . ويكون الترانزستور عادة مغلفاً تغليفاً محكما ليحمى مكوناته من آثار الرطوبة والمواد الغريبة الأخرى مثل الأتربة وما تحمله أحيانا من شحنات كهربية . وترتب أطراف التوصيل الثلاثة للترانزستور بحيث يمكن إدخالها فى « باريزة » خاصة Socket كالمستخدمه فى تثبيت الصمامات الالكترونية الموجودة فى أجهزة الراديو . وفى بعض الحالات لا تكون المسافات بين أطراف التوصيل الثلاثة متساوية كما هو مبين بالشكل (٧٣) وفى بعض الحالات الأخرى

تـكون الأطراف متساوية الأبعاد عن بعضها . ويميز الطرف المجمع فى معظم الأنواع بوضع نقطة حمراء على الغـــلاف الخارجى للترانزستور بجانب هذا الطرف .



(شكل ٧٣)

بعض أشكال الترانزستور وبجانبه رسم جزء طوله ٨ سم من مسطرة مدرجة لإمكان مقارنة أبعاد الترانزستور . فمثلا الترانزستور الأوسط يبلغ طوله حوالى . سنتيمتر واحد وقطره حوالى نصف سنتيمتر أى فى حجم الذرة تقريباً .

الباب الثامن

صناعة الترانزستور بالمنزل وطرق اختباره

هل يمكن صناعة الترانزستور بالمنزل ؟

الترانزستور جهاز يخلب اللب ويأخذ بمجامع القلوب خصوصا لأولئك الذين مارسوا صناعة الأجهزة الالكترونية بعدما وجدوا فيها من الصعوبات العملية والفنية وبذلوا فيها الكثير من الوقت والجهد والمال وبعد أن أصيبوا مرة أو مرات بصدمات كهربية عنيفة عند إستعمال التيارات العامة الموجودة بالمنازل أو عند إستعمال البطاريات ذات الجهد العالى .

لقد صار الآن من اليسير حتى على الصبى الذى لم يبلغ بعدالثانية عشرة أن يقوم بفك وتركيب الأجهزة الألكترونية المستخدم فيها الترانزستور دون عناء ودون خوف عليه من تأثير الصدمات الكهربية العنيفة .

وبعد أن قدمنا عرضا شاملا لنظريات تشغيل الترانزستور فقد يشوق القارىء الآن أن يصنع بنفسه شيئا يشبع به هوايته ويجعله يفخر بمهارته ولذلك لعله من الأهمية بمكان أن يتعرف القارىء على طريقة صناعة الترانزستور بالمنزل وهو عمل ضخم ليس باليسير ولكن العناية والصبر كفيلان بالحصول على ترانزستور من النوع ذى نقطتى التلامس يمكن توصيله فى دوائر تجريبية كثيرة . هذا فى الوقت الذى يتعذر فيه صناعة الصمام الألكترونى بالمنزل مهما توافرت الأجهزة والأدوات إذ أن هذه العملية تحتاج إلى مواد لا يمكن الحصول عليها بسهولة بل وغير معروفة لنا إذ تعتبرها

شركات صناعة الصمامات الالكترونية من الأسرار التى تحرص على عدم إذاعتها .

ومما يجعلنا نهتم اهتماما كبيرا بصناعة الترانزستور فى المنزل بحيث نورد له فصلا خاصا عوامل كثيرة منها قلة وجوده بالأسواق فى الجمهورية العربية المتحدة مع غلاء ثمنه كثيرا إن وجد ، إذ تبلغ قيمة أرخص أنواعه ١٧٧ قرشا وهو مبلغ يعادل قيمة الصمام الالكترونى المناظر له فى العمل ثلاث مرات تقريبا فى حين أنه بالإمكان صناعة الترانزستور فى المنزل بتكاليف تصل إلى ٨٠ قرشا وبذلك نكون قد وفرنا نصف ثمنه مقابل جهد صغير فى صناعته بالمنزل .

وسوف يجد الهاوى لذة لا تعدلها لذة عندما يركب هذا الجهاز فى إحدى الدوائر الكهربية التى سوف نورد وصفا شاملا لها فى الأبواب القادمة — ويسمع صوت المذيع فى جهازه يردد له (إذاعة الجمهورية العربية المتحدة) .

ولقد أمكن عمل الترانزستور باستخدام الأسلاك المستعملة فى الموحدات الثنائية البللورية وهى أسلاك مصنوعة من البلاتين أو التنجستن وتسمى أسلاك شارب القط، واستخدمت فى عمل ترانزستور آخر قطع من حد شفرة الحلاقة بعد لحامها بسلك نحاسى غليظ فضلا عن بعض الأدوات والمواد الكيمائية اللازمة للقيام بهذه العملية ، وقد وجد أنه من المناسب فى هذا المقام إيراد الأثمان التقريبية لهذه الأدوات وإماكن الحصول عليها وفيما يلى بيانها :

الأدوات والمعـــدات اللازمة :

١ — مجموعة مبارد دقيقة وثمنها بين ٥٠ ، ٦٠ قرشا .

٢ — مرود أو ساق زجاجية طويلة وثمنها قرشان .

٣ — ماسك معدنى . يمكن استعمال منجلة يدوية ثمنها ٣٠ قرشا أو منجلة كبيرة إن وجدت .

٤ — ملقط ، ويصل ثمنة إلى ٢٥ قرشا .

٥ — لوحة حوالى ٣٠ × ٣٠ سم من البلاستك أو نوع ممتاز منه يسمى بريسبكس Perispex ثمنه ١٠ قروش .

٦ — كمية من الموحدات البللورية الثنائية المصنوعة من الجرمانيوم ، ثمن الموحد الجديد ٤٠ قرشا بعد أن ارتفع ثمنه أخيرا وقد كان يباع الواحد منها بحوالى ٢٥ قرشا فقط .

٧ — بعض المواد الكيميائية المذيبة وتشمل : —

(ا) تراى كلوروإثيلين .

(ب) رابع كلوريد الكربون .

(ج) محلول بريسبكس فى الكلوروفورم .

أماكن الحصول على الأدوات :

ويمكن شراء المجموعة الأولى من المبارد من محلات بيع الحدايد والبويات أما المرود الزجاجى فيمكن الحصول عليه من الصيدليات بثمن زهيد . ويمكن استعمال منجلة يدوية بدل الماسك المعدنى أو أى منجلة عادية وتباع الملاقط ذات الأطراف المنحنية فى محلات بيع أدوات التشريح . ويمكن الحصول على لوحات البلاستك من شركة البلاستك الأهلية (شافرمان) أو أى محل من محلات بيع الحدايد والبويات ، وأما الموحدات الثنائية فهى تباع عند شركة فيليبس أو فروعها المنتشرة فى بلدان الجمهورية العربية المتحدة ، ومنها يمكننا الحصول على ما يلزمنا من هذه الموحدات والنوع الشائع الموجود رقمه O.A.50 . أما المواد المذيبة فيمكن شراؤها من الصيدليات أو شركات بيع المواد الكيميائية .

خطوات العمل :

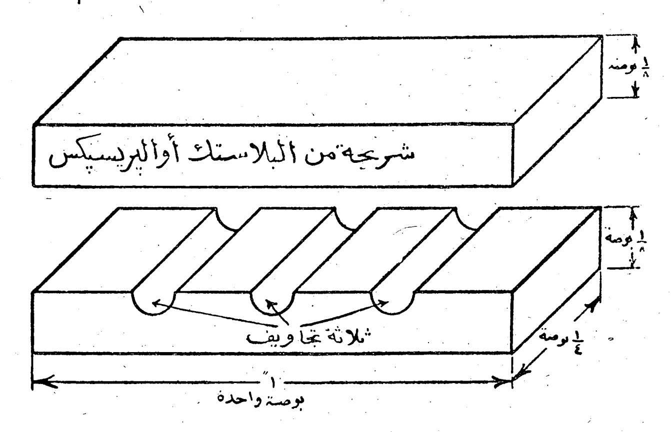
أولا : أعداد المحلول اللاصق (البيرسبكس فى الكلورفورم) .

يمكن عمل هذا المحلول (وهو محلول يشبه الداج فى الوظيفة ويمتاز عليه بالنقاء والتحكم فى اللزوجة ويمكن عمله بإذابة قطع صغيرة من البيرسبكس فى كمية من الكلورفورم تكفى لتغطيتها فى زجاجة ذات عنق متسع ، ويقوم المذيب فى هذه الحالة بتحويل البيرسبكس إلا مادة لزجة تشبه الجيلاتين المطبوخ ولابد من تغطية الزجاجة التى تحوى المحلول بغطاء محكم . وعند استعمال هذا المحلول يمكن تخفيفه إلى الدرجة المطلوبة بحيث يقرب فى قوامه من محلول الصمغ العربى . ولابد أن نتذكر دائما أنه يسهل تخفيف المحلول ولكن على العكس يصعب جعله كثيفا . ويمكن استعمال مذيب آخر تراىكلوروائيلين فى عملية التخفيف ولكن الكلورفورم يفضله فى ذلك إذ أن محلول البريسبكس فى الأول يميل إلى أن يتبلور عند جفافة .أما فى حالة إذابة — البيرسبكس فى الكلورفورم فإن المحلول يتصلب دون أن يتبلور وبذلك يكون أكثر متانة من سابقه . وتستعمل الساق الزجاجية فى نقل محلول البريسبكس من الزجاجة إلىمكانها من التركيب الذى سوف نقوم بعمله .

وتستخدم المنجلة فى كسر الغلاف الزجاجى الموحدات الثنائية البللورية وإذا أريد عمل تجاويف أو فتحات فى شرائح البريسبكس فيمكن استعمال المثقب اليدوى بمساعدة مجموعة المبارد وأهمها المبرد المستدير (ذيل الفأر) والمبرد المثلث .

ثانياً : إعداد اللوحة التى يثبت عليها الجهاز : يقطع لوحة البريسبكس (سمكه $\frac{1}{8}$ بوصة) إلى شرائح صغيرة طول كل منها بوصة واحدة وعرضها ربع بوصة ويلزمنا عدد زوجى من هذه الشرائح لأننا نستعمل زوجاً من هذه

الشرائح لكل جهاز ، وكل زوج يتكون من قطعتين أو شريحتين إحداهما مسطحة والأخرى بها ثلاث قنوات متقاربة كما هو مبين بالرسم شكل (٧٤) .



شكل (٧٤)

شكل منظور لشرائح البريسبكس اللازمة لصناعة الترانزستور . ويلاحظ وجود ثلاثة قنوات فى الشريحة السفلى لإمكان تثبيت أسلاك التوصيل فيها . أما الشريحة العليا فليس بها أية تجاويف

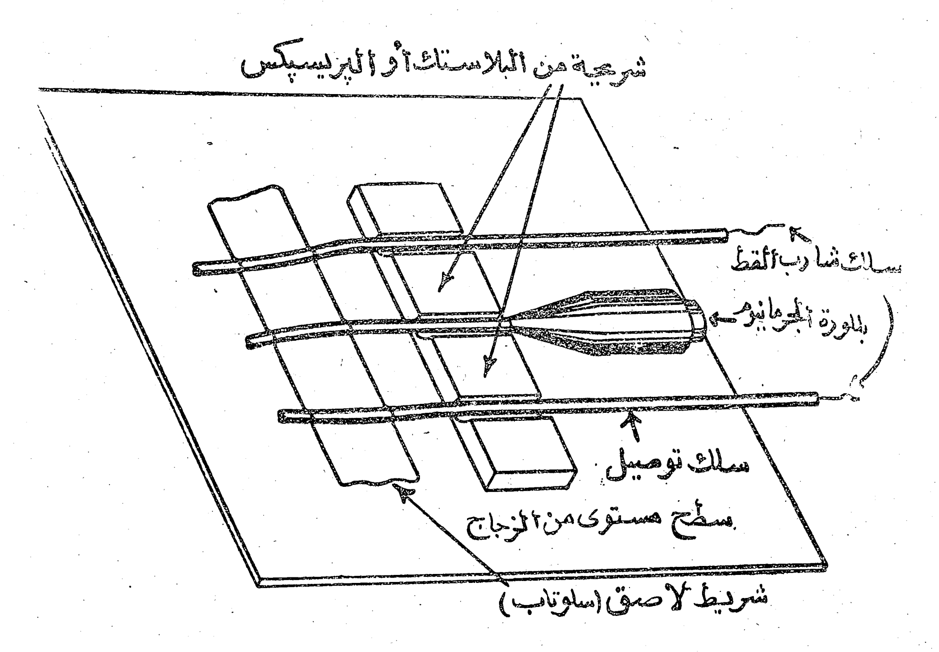
ثالثاً : الحصول على بللورة الجرمانيوم .

ولكسر الغلاف الزجاجى للموحد الثنائى المصنوع من الجرمانيوم ، يوضع الجزء الزجاجى للموحد بين طرفى المنجلة أو أى ماسك معدنى ثم يزاد الضغط بالتدريج على هذا الغلاف الزجاجى حتى ينكسر . بهذه الطريقة تضمن سلامة الأجزاء الداخلية للموحد وأهمها بللورة الجهاز وسلك شارب القط الملامس لها ولا يصح إستخدام مطرقة فى عملية الكسر مطلقاً لأنها تؤدى إلى إفساد واحد أو أكثر من الأجزاء الداخلية للموحد .

رابعاً : كيفية تركيب الترانزستور :

ويلزمنا عند بناء الترانزستور إستعمال سلكين من أسلاك شارب القط وقطعة واحدة من الجرمانيوم وتثبت هذه الأجزاء الثلاثة بواسطة أسلاك التوصيل المتصلة بها فى مكانها علي شريحة البريسبكس فى القنوات التى صنعت

خصيصاً لها ثم تثنى هذه الأسلاك الثلاثة ثنيات صغيرة وتوضع على لوح من الزجاج وتثبت فى مكانها باستخدام شريط لاصق (سـلوتاب) من النوع الشفاف كما هو مبين بالرسم شكل (٧٥) وبهذه الطريقة نضمن عدم حركة هذه الأسلاك عند وضع محلول البريسبكس فى التجاويف التى سبق عملها وذلك باستخدام الساق الزجاجية .



شكل (٧٥)

رسم منظور يبين كيفية تثبيت الأجزاء المختلفة للترانزستور على لوحة من الزجاج لسهولة التركيب

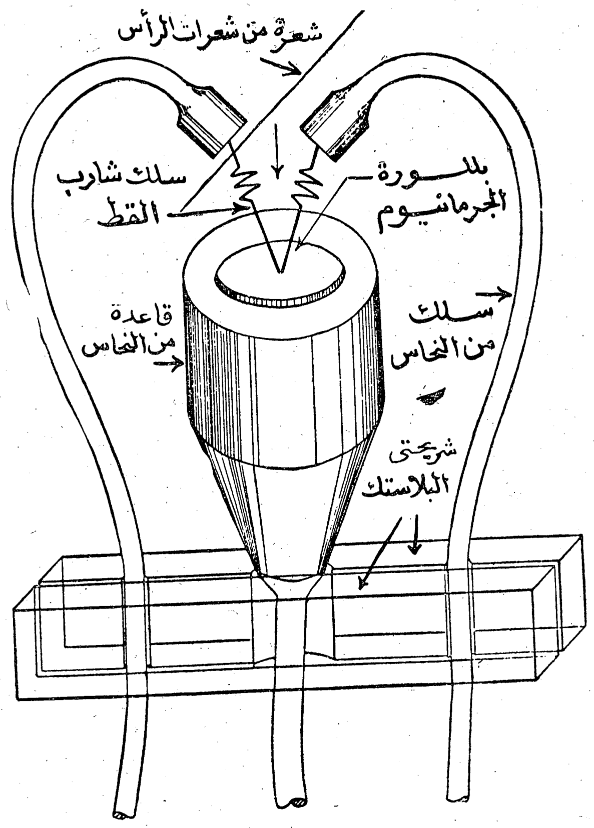
وبعد وضع محلول البريسبكس فى التجاويف توضع الشريحة المسطحة الثانية فوق الشريحة الأولى قبل أن يجف المحلول ثم يترك التركيب كله فى مكان دافئ إلى أن يجمد البريسبكس . ولابد من اتخاذ الحيطة والحذر من الأبخرة الناشئة عند تجفيف المحلول ، فأبخرة الكلوروفورم ذات تأثير فسيولوجى مخدر وقد يغيب هذا التأثير الضار عن الشخص ويسبب فقدان الوعى اذا استنشقت كمية كبيرة من هذه الأبخرة . ولذا وجب إجراء هذه العملية بجانب نافذة

مفتوحة فى غرفة متجددة الهواء . وإذا ما روعيت هذه النصائح فلن يكون هناك أى خطر يمكن أن يحدث .

ويمكن أن يستعاض عن محلول البريسبكس فى الكلوروفورم باستخدام الداج ويجب ملاحظة ضرورة ترك الجهاز مدة كافية حتى يتم جفاف المادة اللاصقة جفافاً يمنع حركة مكونات الجهاز عند القيام بالعمليات التالية .

١ — يثنى طرفا سلكى شارب القط بحيث يلامسان سطح قطعة الجرمانيوم ثم يعاد ضبطهما باستخدام ملقط ذى سنين رفيعين مدببين حتى تتم هذه الملامسة وفى الترانزستور الذى تم عمله لا يكون السلكان متلامسين مع بعضهما بل يجب أن تكون هناك مسافة صغيرة جداً تفصل بينهما ويمكن إجراء عملية الفصل باستخدام شعرة من شعرات الرأس التى يمكن بمرورها بين السلكين أن ينفصلا عن بعضهما بمسافة تصل إلى قطر الشعرة شكل (٧٦) ويمكن استخدام أية مواد أخرى لعملية الفصل ، فمثلا يمكن استخدام ورقة لف السجاير والتى يصل سمكها إلى جزء من ألف من البوصة وأحياناً تستعمل الميكا أو صفائح من أى معدن يفصل سلكى شارب القط عن بعضهما ثم بعد ذلك يرفع الفاصل — ولو أنه يخشى حدوث تلامس بين سلكى شارب القط أثناء عملية الرفع ومنه يستحسن استخدام صفيحة رفيعة جداً من الميكا باعتبار أنها مادة عازلة وتترك فاصلا بين السلكين ولا ترفع . وخشية أن يحدث من اهتزازها تأثير ميكروفونى كالذى يحدث من اهتزاز الصفائح الرفيعة من الموجات الصوتية يراعى تثبيت هذه الصفيحة الرقيقة فى مكانها بين السلكين .

٢ — قد يحدث أيضاً أن يصاحب الصوت المسموع خلال الترانزستور كثير من التشويش إذا لم تكن أسلاك شارب القط مضغوطة على بللورة الجرمانيوم ضغطاً كافياً ، لذا لابد بعد توصيل هذه الأسلاك أن تضغط وتجرب بالطريقة التى سيأتى بيانها .



شكل (٧٦)

شكل منظور يبين كيفية فصل أسلاك شارب القط عن بعضها باستخدام شعرة من شعرات الرأس

٣ — من الملاحظات التى تجب العناية بها عدم ملامسة اليد لأى جزء من مكونات الجهاز حتى لا تترك أثاراً دهنية فوق هذه الأجزاء مما يجعلها كأنها معزولة ويقلل من كفاءة الجهاز لذا يجب إزالة الطبقة الدهنية التى تتركها اليد بغمس الجزء الملموس فى زجاجة رابع كاوريد الكربون النظيف مع مراعاة عدم وصول المذيب إلى شرائح البريسبكس حتى لا يذيبها هى أيضاً .

٤ — يجب مراعاة أن يكون مذيب رابع كاوريد الكربون نقياً تمام النقاء لأن وجود أى مادة مذابة فيه أو عالقة فيه سوف تبقى على أجزاء الجهاز

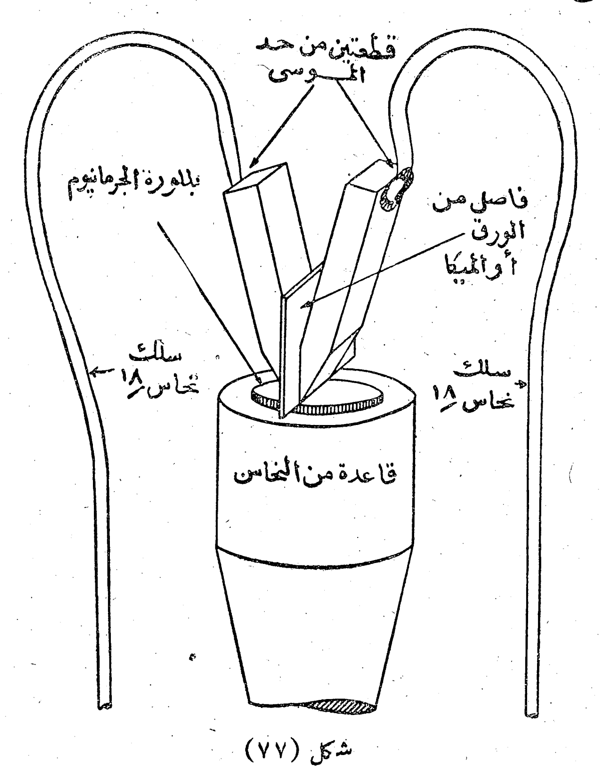
عند تبخر رابع كلوريد الكربون وبعد غمس أطراف الجهاز فى المذيب فأنه يمكن إزالة نقط المذيب الزائدة على هذه الأجزاء باستخدام ورقة نشاف ثم يترك الجهاز ليجف بعيداً عن ذرات التراب .

٥ — الملقط يجب أن يكون من النوع المستخدم فى الجراحة أو الساعات بحيث يكون قوى الامساك بالأشياء الصغيرة وذا أطراف دقيقة وربما كان النوع المستخدم فى طب الأسنان ذو الأطراف المنحنيـة أحسن من النوع المستقيم إذ يمكن باستخدامه ضبط أحد أسلاك شارب القط دون حدوث أى تغيير فى موضع الطرف الآخر الذى يكون قد وضع فى مكانه .

وقد أمكن عمل جهاز ترانزستور آخر باستخدام قطعتين من موسى الحلاقة قد لحما بالقصدير فى قطعتين من سلك النحاس المعزول رقم ١٨ S.W.G. وهو سلك قطره ١,١٥ ملليمتر (شكل ٧٧) وأهم صفاته أنه ذو صلابة ومتانة ويمكن ثنيه بسهولة ويجب اختيار قصدير اللحام المناسب إذ أنه يؤدى أما إلى جودة التوصيل أو رداءته . وقد وجد أن قصدير اللحام ماركة (آراكس Arax) خير ما يصلح لهذه العملية فهو يحتوى على كمية صحيحة من مساعد الصهر (فلكس) ويمكن باستخدامه لحام الصلب الأزرق دون تنظيفه إذ أن تنظيف حد الموسى قد يؤدى إلى كسر طرفه وتقل بذلك جودة ملامسته لبلورة الجرمانيوم وتقل لذلك كفاءة جهاز الترانزستور المصنوع بهذه الطريقة . وبعد استخدام هذا النوع من أنواع قصدير اللحام فى تثبيت سلك التوصيل بحد الموسى ينظف موضع اللحام من مساعد الصهر (الفلكس) وذلك بغسل اللحام بماء ساخن ثم غمسه فى رابع كلوريد الكربون . ويلاحظ أن هذا القصدير ينتج عنه تآكل المعادن نظرا لوجود مادة حمضية كمساعد لعملية الصهر فيجب أن لا يستخدم هذا القصدير إلا فى لحام الصلب . ويراعى عند تركيب السلك الملحوم به حدى الموسى أن يكون اللحام من ناحية

الخارج ، وتضبط قطعتا الموسى بحيث يصبح حداهما القاطعان متوازيين . وإذا أمكن ذلك فيوضع بينهما فاصل كما سبق . وتعتبر ورقة لف السجائر أو قطعة رقيقة من الميكا فاصلاً جيداً للحدين . وطريقة تثبيت حدى الموسى فى مكانهما على بللورة الجرمانيوم تشبه الطريقة التى ذكرت عند تثبيت طرفى أسلاك شارب القط . ويستحسن تقريب الحدين من بعضهما أولا بالدرجة المطلوبة ووضع الفاصل بينهما ثم ضغطهما معاً على بللورة الجرمانيوم أو يوضع الحدان معاً على بللورة الجرمانيوم ثم يوضع الفاصل بينهما .

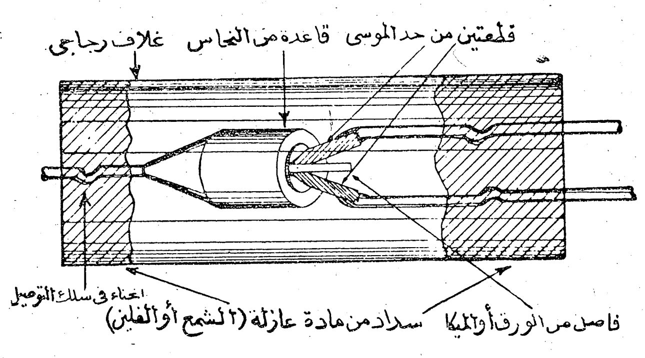
والنوع الأخير من الترانزستور وهو الذى استخدم فيه حدا الموسى أقل حساسية وأقل تشويشا من النوع الذى استخدم فيه سلكا شارب القط ، ولو أن النوع الأخير يمتاز عنه بقوة تحمله وعدم تعرضه للتالف بسرعة .



شكل (٧٧)

شكل منظور لترانزستور صنع باستخدام قطعتين من حد الموسى بعد لحامهما بسلكين من النحاس ووضعت ورقة من الميكا بينهما .

ويمكن أن يوضع الجهاز الذى سبق تركيبه داخل أنبوبة زجاجية كما هو مبين بالرسم (شكل ٧٨) ويراعى أن يثبت السلكان الملحوم فيهما قطعتى الموسى فى مادة عازلة تملأ إحدى فوهتى الأنبوبة الزجاجية ثم تدخل قطعة الجرمانيوم من الفوهة الأخرى وتثبت فى مكانها بواسطة قطعة من المادة العازلة . ويحسن أن يكون الشمع أو الفلين هو المادة العازلة المستعملة فى تثبيت أجزاء الجهاز فى فوهتى الأنبوبة الزجاجية . وبعد إدخال قطعة الجرمانيوم فى مكانها تضغط ناحية السلكين أو (حدى الموسى) ويجب العناية والدقة فى أجزاء هذه العملية حتى لا يتباعد السلكان أو حدا الموسى عن بعضهما .



شكل (٧٨)
كيفية تثبيت الترانزستور داخل غلاف من الزجاج

ولا بد أن يتذكر القارئ ما قلناه سابقا من أن عملية ضبط طرفى السلكين أو حدى الموسى على بللورة الجرمانيوم أهم وأدق عملية وتحتاج إلى كثير من الصبر والعناية . وبعد أن تجرى عدة محاولات يمكن اتخاذ طريقة ثابتة وسريعة لعملية الضبط .

وللحصول على درجة كبيرة من الدقة وثبات اليد عند عملية الضبط بواسطة الملقط يحسن أن يكون المرفق مستندا إلى المنضدة ويمكن أن تسند اليد الممسكة للملقط على اليد الأخرى أثناء القيام بهذه العملية . ويضاف إلى ذلك

(من سبل التثبيت) أن تستخدم منجلة صغيرة أو ماسك مثبت بالمنضدة بحيث تمسك الجهاز وبذلك تترك كلتا اليدين ثابتتين وحرتين للعمل .

هكذا أيها القارىء تكون قد أتممت عملا ضخما رائعا إذ أنت قمت بتنفيذ هذه التجربة ، فهى مفيدة ومثيرة فى نفس الوقت . وسوف تجد النجاح حليفك عندما تتبع النصائح والإرشادات التى وردت فيما تقدم والأمر ليس عويصا فهناك من الهواة من لديهم الدقة الكافية وثبات اليد التى تمكنهم من تنفيذ صناعة الترانزستور فى المنزل بنجاح تام ، هذا وسوف تجد فى الأبواب القادمة طرقا كهربية لاختبار الترانزستور الذى صنعته من حيث حساسيته وقوة تكبيره .

طرق التحقق من صلاحية الترانزستور

قد يحتاج الهاوى بعد أن تم له القيام بصناعة الترانزستور (أو قد يحتاج لاختبار صلاحية الترانزستور المعد فى المصانع) إلى التحقق من صلاحيته وقيامه بوظيفته ، لذلك توجد بعض الإختبارات يمكن إجراؤها باستخدام أجهزة مبسطة ستأتى الإشارة إليها فى الابواب القادمة بتجارب يسيرة نبينها فيما يلى : —

أولا : قياس المقاومات فى أجزاء الترانزستور :

تقاس المقاومة بين نقطتى التلامس بحيث لا يدخل فى هذا القياس مقاومة القاعدة وتجرى هذه العملية باستخدام مقاس للمقاومة (أوم ميتر) ونوصله بطرفى سلكى التوصيل المثبت فيهما حدى الموسى أو سلكى شارب القط . فإذا كانت قراءة المقياس قليلة جدا دل ذلك على حدوث تلامس طرفى السلكين الملامسين لقطعة الجرمانيوم فيجب إعادة ضبطهما مرة أخرى

وذلك بإبعادها وإعادة قياس المقاومة وتكرر هذه العملية حتى تصل المقاومة بين هذين الطرفين إلى مليون أوم .

ثانياً : اختبار النقط الحساسة فى الترانزستور :

يجب اختبار ما إذا كانت النقطتان اللتان تلامسهما حدا الموسى أو طرفا سلكى شارب القط حساستين بالقدر الكافى . ويقصد بالحساسية قيام قطعة الجرمانيوم بعملها كمقوم أى تسمح للتيار الكهربى بالمرور بشدة معينة فى اتجاه وتكاد لا تسمح بمروره فى الاتجاه المضاد أى أنه يجب أن تكون المقاومة فى الاتجاه الأول قليلة ما أمكن (٥٠٠ — ١٠٠٠ أوم) والمقاومة فى الاتجاه المضاد كبيرة جداً (٢٥٠٠٠٠—١٠٠٠٠٠٠ أوم) .

ولاستيفاء ذلك على الترانزستور المصنوع تقاس المقاومة بمقياس دقيق بتوصيل قاعدة الترانزستور بأحد طرفى المقياس وليكن الطرف الملون باللون الأحمر ويوصل الطرف الآخر بمقياس المقاومة وهو ملون باللون الأسود بطرف أحد سلكى شارب القط وتقرأ المقاومة على المقياس ثم يعكس توصيل الترانزستور بأن يوصل طرف مقياس المقاومة الأحمر بالسلك المتصل بشارب القط والأسود بالقاعدة وتقرأ المقاومة . فإذا كانت القراءة الأولى صغيرة فى الحدود السابقة والقراءة الثانية كبيرة فى الحدود المبينة دل ذلك على أن تلامس سلك شارب القط الذى أجريت عليه التجربة مع قطعة الجرمانيوم حدث فى نقطة حساسة وإلا فيعاد تغيير نقطة التلامس وقياس المقاومة فى الاتجاهين حتى نحصل على مقادير المقاومة فى الحدود السابقة .

نكرر هذا العمل بتوصيل القاعدة مع سلك شارب القط الآخر للحصول على النقطة الحساسة بين هذا الطرف الآخر وبللورة الجرمانيوم .

ثالثاً : تحديد كل من الطرف المجمع والطرف الباعث للترانزستور :

تركب الدائرة المبينة بالرسم شكل (١٧٩ ، ب) وتتكون من خمسة أجزاء رئيسية نورد فيما يلي تفصيلها :

١ — الترانزستور المراد اختبار أطرافه .

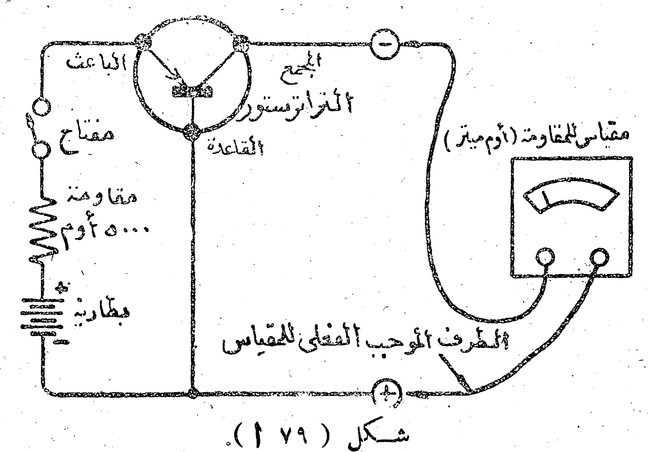
٢ — مقياس للمقاومة (أوم ميتر) .

٣ — بطارية ٤½ فولتا .

٤ — مقاومة ثابتة قدرها ٥٠٠٠ أوم .

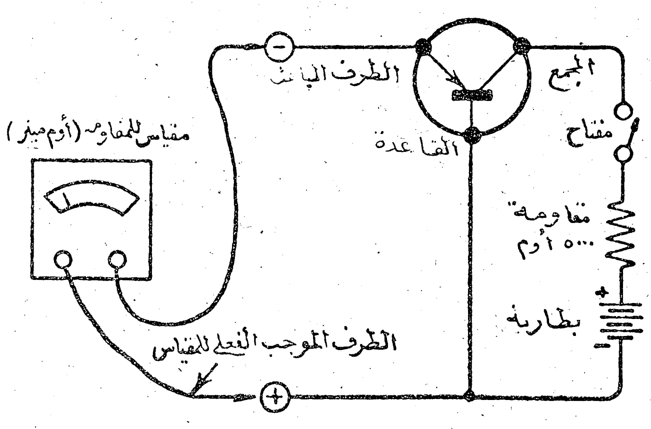
٥ — مفتاح توصيل .

عند توصيل هذه الدائرة يراعى أن يكون الطرف الموجب الفعلى لمقياس المقاومة موصلا بقاعدة الترانزستور و الطرف السالب الفعلى لمقياس المقاومة موصلا بأحد السلكين الآخرين للترانزستور . أما السلك الثالث فى الترانزستور فيوصل بالمفتاح ثم بالمقاومة الثابتة ثم بالقطب الموجب للبطارية (٤½ فولت) . ويوصل الطرف السالب للبطارية بقاعدة الترانزستور ثم إلى الطرف الموجب الفعلى لمقياس المقاومة . ويتضح هذا التوصيل من الرسم المرافق شكل ١٧٩ ا .



شكل (٧٩ ا).
دائرة لبيان طريقة تعيين كل من الطرف الباعث والطرف المجمع للترانزستور

ويبدأ العمل بقراءة المقاومة بين القاعدة وأحد طرفى الترانزستور ونفرض أنه الطرف الأيمن المبين بالرسم وذلك بواسطة مقياس المقاومة فى الوقت الذى يكون فيه مفتاح توصيل الطرف الآخر المتصل بالقاعدة مفتوحا . وبعد ذلك تقفل دائرة القاعدة مع الطرف الثانى للترانزستور ويلاحظ نقص قراءة مقياس المقاومة مما يدل على نقص المقاومة خلال هذه الدائرة . ربما كان الهبوط فى هذه القراءة صغيرا إلا أنه لا بد من حدوثه حتى نتأكد من قيام الترانزستور بعمله ويسمى الطرف الأيمن من الترانزستور المرسوم بالطرف المجمع ، ثم تكرر العملية السابقة بعد عكس التوصيلة السابقة (شكل ٧٩ ب) بالنسبة لطرفى الترانزستور مع بقاء توصيلة القاعدة دون تغير . ونلاحظ مقدار التغير فى مقاومة دائرة الطرف الأيسر مع القاعدة عند غلق دائرة الطرف الأيمن بواسطة مفتاح التوصيل . هذا التغير سوف يكون كبيرا بالنسبة للتغير الذى حدث فى التجربة السابقة وعلى ذلك نسمى الطرف الأيسر (فى شكل ٧٩ ب) بالطرف الباعث ، أما إذا كان التغير فى هذه الحالة أقل من التغير فى الحالة السابقة فنعكس التسمية .



شكل (٧٩ ب)

دائرة لبيان طريقة تعيين كل من الطرف الباعث والطرف المجمع للترانزستور .

جهاز اختبار الترانزستور

الغرض من الجهاز :

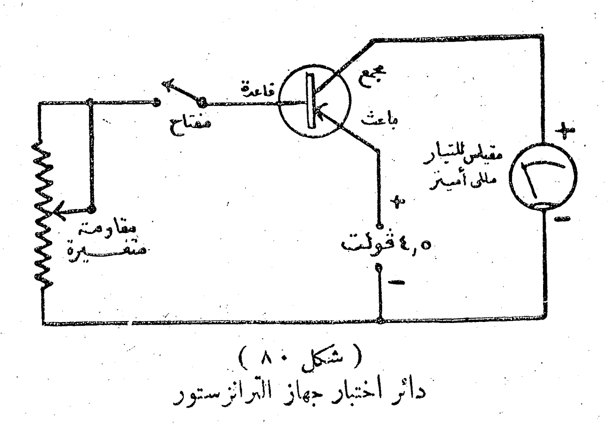
بعد أن أخذنا فكرة عن نظرية عمل الترانزستور والطرق العامة لدراسة خواصه المختلفه وكيفية صناعة الترانزستور فى المنزل وطرق التحقق من صلاحيته أصبح من الضرورى توضيح الأجهزة العملية التى يمكن أن نقوم بتركيبها فى المنزل وتصلح لأختبار صلاحية الترانزستور وإيجاد معامل تكبيره الذى يسمى معامل بيتا الذى يدل على جودته وكفاءته بالنسبة للدوائر المختلفة التى يركب فيها . وعامل بيتا لأى ترانزستور هو النسبة بين شدة التيار الخارج من الترانزستور وبين شدة التيار الذى يدخله والذى يسبب هذا التيار الخارج . وبواسطة هذا الجهاز يمكننا قياس عامل بيتا بعد عملية حسابية صغيرة وهو أمر لابد من معرفته عند تصميم الدوائر الكهربية التى يستخدم فيها الترانزستور .

ويشبه عامل بيتا للترانزستور عامل القدرة فى الصمامات الالكترونية . وبالإضافة إلى هذه الخاصية التى يمكن استخدام الجهاز فى قياسها فإنه يمكن به معرفة أى قطع فى أسلاك الترانزستور الدخلية أو تلامس طرفين من أطرافه أو زيادة شدة التيار الذى يمر خلاله نتيجة لكثرة استعماله .

ويكلف هذا الجهاز الذى سيأتى وصفه مبلغا بسيطا من المال قد يصل خمسين قرشا إذا اشتريت بعض أجزائه من محلات بيع مخلافات الجيش وأهم هذه الأجزاء وأغلاها هو الأميتر (من النوع الذى يستعمل فى قياس المللى أمبير ويقرب ثمنه من ثلاثين قرشا وهناك بعض المقاومات ومفتاح توصيل وعلبة للجهاز وقاعدة للترانزستور وأسلاك للتوصيل وهى رخيصة الثمن ولا تكلف كثيرا .

تركيب الدائرة :

١ — الدائرة الكهربية الأساسية التى سوف يتم بناء الجهاز بموجبها موضحة بالرسم (شكل ٨٠) وفيها توصل قاعدة الترانزستور بأحد طرفى مفتاح توصيل ويوصل الطرف الآخر للمفتاح بالسلك المتحرك فى مقاومة متغيرة بعد توصيل إحدى نهايتى المقاومة به .



(شكل ٨٠)
دائر اختبار جهاز الترانزستور

٢ — يوصل الطرف السالب ببطارية قوتها الدافعة ½ ٤ ڤولت بالطرف الآخر من المقاومة مع الطرف المشار إليه بإشارة (—) على مقياس الأميتر

٣ — يوصل طرف الأميتر المشار إليه بعلامة (+) بالطرف المجمع للترانزستور المراد اختباره .

٤ — يوصل الطرف الموجب للبطارية بالطرف الباعث للترانزستور .

وبهذه الطريقة يكون الطرف الباعث مشتركا فى دائرتى الطرف الباعث والطرف المجمع . وعندما يكون المفتاح مفتوحا لا يمر تيار من القاعدة إلى الطرف الباعث ولكنه يمر من الطرف الباعث خلال الترانزستور إلى الطرف المجمع . وتدل قراءة الاميتر على شدة التيار المار خلال هذين الطرفين وهو تيار صغير جدا فى الأنواع الجيدة من الترانزستور . وعند

إغلاق المفتاح ، يمر تيار من القاعدة إلى الطرف الباعث. وتتحكم المقاومة المتغيرة المتصلة بدائرة القاعدة فى شدة هذا التيار ، وينتج عن ذلك زيادة شدة التيار الأول بمقدار يتوقف على عامل بيتا (معامل التكبير) . ويمكننا الآن حساب هذا العامل حسب المعادلة الآتية :

$$\text{عامل بيتا} = \frac{\text{شدة تيار الطرف المجمع}}{\text{شدة تيار القاعدة}} = \frac{ت_م}{ت_ق}$$

وتمثل ($ت_م$) مقدار الزيادة فى شدة تيار الطرف المجمع وتمثل ($ت_ق$) شدة التيار المار فى القاعدة ، ويمكن حساب شدة التيار المار فى القاعدة وهى تساوى خارج قسمة القوة الدافعة للبطارية (٤$\frac{١}{٢}$ ڤولت) على مقدار مقاومة السلك الذى دخل الدائرة من المقاومة المتغيرة . فإذا فرضنا أن مقدار المقاومة التى دخلت دائرة القاعدة ١٠٠٠٠٠ أوم وكانت القوة الدافعة للبطارية ١٠ فولت ، كانت شدة التيار المار فى القاعدة يساوى ٠٠٠١, أمبير . فإذا حدث أن زادت شدة التيار الذى يمر فى دائرة الطرف المجمع بمقدار

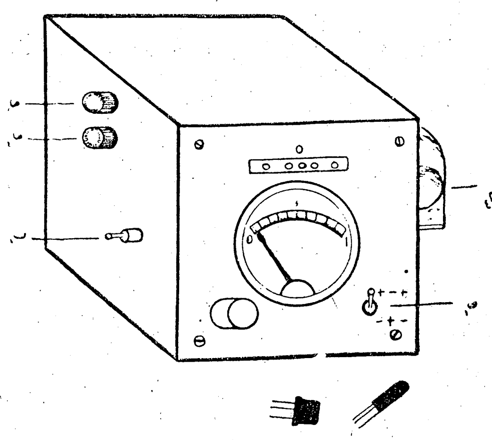
$$\text{٠٠١, أمبير . كان عامل بيتا} = \frac{٠٠١,}{٠٠٠١,} = ١٠$$

ويمكن تدريج المقاومة المتغيرة بحيث تدل على مقادير مختلفة لعامل بيتا . فإذا فرضنا أن ترانزستور آخر زادت فيه شدة تيار الطرف المجمع بنفس المقدار السابق (٠٠١, أمبير) عندما كانت شدة تيار القاعدة = ٠٠٠٢, أمبير

$$\text{كان عامل بيتا لهذا الترانزستور} = \frac{٠٠١,}{٠٠٠٢,} = ٥$$

وطبيعى أن تيار القاعدة يتغير بتغير المقاومة المتصلة معها على التوالى فى الدائرة ، فإذا ثبتنا مقدار الزيادة فى تيار الطرف المجمع بحيث يكون (٠٠١, أمبير) كما فى المثال السابق ، فإنه يمكن بعمليات حسابية بسيطة

إيجاد المقاومات التى يجب إدخالها فى دائرة القاعدة حتى تعطى قيما مختلفة لعامل بيتا .



شكل (٨١) صندوق الجهاز

ويمكن وضع الجهاز داخل صندوق من الألومنيوم شكل (٨١) أبعاده ٥½ × ٣ × ٢ بوصة ، وترتب الأجزاء الداخلية بحيث تملأ هذا الحيز ويترك فى داخل العلبة مكان يمكن وضع البطارية فيه . ويلزم تثبيت وصلة لتركيب الترانزستور عليها فى واجهة الجهاز حتى يتيسر توصيل الترانزستور بالدائرة الكهربية .

الباب التاسع

دوائر عملية يدخل الترانزستور فى تركيبها

أولا : أجهزة استقبال

راديو بترانزستور واحد فى حجم علبة الكبريت :

إنه من الصغر بحيث يمكن تثبيته فى حلقة توضع فى أحد أصابع اليد كالخاتم ويعتبر من أصغر أجهزة الاستقبال . وتصل أبعاد هذا الجهاز إلى بوصة طولا وبوصة عرضا و $\frac{5}{8}$ البوصة ارتفاعا . ومن الممتع حقاً أنه يمكن تشغيل الجهاز على بطارية جافة يمكن صناعتها بالمنزل ولا تكلف أكثر من خمسة مليمات كما يمكن أيضاً تشغيل الجهاز ببطارية زئبق حجمها مثل حجم حبة الأسبرين . وربما رغب بعض القراء من الهواة فى صنع جهاز يشتغل على البطاريات الشمسية المصنوعة من السيليكون ، وسوف يجدون فى هذا الجهاز ما يوفى حاجتهم ويشبع رغبتهم .

وكل القطع اللازمة للجهاز يمكن تركيبها فى الدائرة مباشرة دون تعديل أو تحوير ما عدا ملف التوليف الذى لابد من عمل بعض التعديلات البسيطة فيه بحيث يلائم بقية الأجزاء من ناحية الحجم . ويكون الملف الجاهز الذى يمكن استعماله فى هذا الجهاز عبارة عن أسطوانة من البلاستيك أو الورق المقوى ولفات السلك موجودة عند أحد جانبيها بحيث لا يتجاوز طول اللفات نصف الأسطوانة العازلة . وبما أن النصف الباقى من الأسطوانة غير لازم مطلقاً للجهاز فيلزم قطعه لكى يناسب حجم الملف حجم فراغ الجهاز .

ويجب أن تثبت قطع الجهاز المختلفة على لوح صغير من البلاستيك أو الفيبر

مربع الشكل طول أحد أضلاعه حوالى بوصة واحدة . والسماعة المستخدمة فى الجهاز من النوع الذى يستعمل فى أجهزة مساعدة السمع للصم وهى لا توضع مع بقية أجزاء الجهاز فى علبة واحدة بل تكون خارج العلبة . ويمكن تثبيت قاعدة الجهاز المصنوعة من البلاستيك أو الفيبر داخل العلبة وتثبت فى العلبة من الخارج حلقة معدنية غير كاملة بواسطة مسمار صغير الحجم ، ويمكن استعمال علبة مصنوعة من البلاستيك كالمستخدمة فى حفظ الحلى أو كالمستخدمة فى حفظ إبر الجراموفون . ويحسن عدم إستخدام أنواع البلاستيك (المصنوعة من خلات السليولوز) فى عمل قاعدة الجهاز لأنها تلين بالحرارة الناتجة عند لحام أجزاء الجهاز فيها . ويلزم معرفة مركز هذه القاعدة المربعة وذلك برسم قطريها ، فيمثل موضع تلاقيهما مركز هذه القاعدة .

وعند هذا المركز يعمل ثقب يتسع للمسمار المحوى (القلاووظ) الذى يستعمل فى تثبيت القاعدة بالعلبة والحلقة وقطره $\frac{١}{١٦}$ من البوصة .

أما الملف فهو عادة يتركب من أسطوانة من الورق المقوى قطرها نصف بوصة وطولها حوالى بوصتين وبداخلها قلب من الحديد يمكن تحريكه داخل الأسطوانة . ويفك قلب الملف أولا ثم تفك كذلك أطراف لفات السلك ويقطع من الأسطوانة مقدار الطول الزائد عن طول علبة البلاستيك التى سوف تحوى الجهاز ، ويصل هذا الجزء إلى بوصة وربع ويبقى جزء من الأسطوانة طوله $\frac{٣}{٤}$ بوصة عليه لفات الملف . وعند قطع أسطوانة الملف يستخدم موسى الحلاقة ويحرك حركة منشارية على الأسطوانة حتى لا تنكسر ، وعندما يبدأ حد الموسى فى إختراق الأسطوانة يوضع القلب الحديدى داخل الأسطوانة حتى يصبح دعامة داخلية لها عند إكمال عملية القطع .

ولكى يتم التوافق بين ملف التوليف والموحد الثنائى البللورى الذى يقوم بعملية الكشف فى الدائرة الكهربية ، يفك من الملف حوالى ٢١ بوصة

من السلك ثم تزال المادة العازلة الموجودة عند هذا المكان من السلك ويلف هذا الجزء المكشوف من السلك على هيئة حلقة ، ويلحم بها طرف سلك خارجى مرن ثم تعاد اللفات إلى موضعها السابق ،وليس من المهم إنتظام هذه اللفات وإنما يكفى أن تعاد إلى موضعها بأى ترتيب بأكثر ما يمكن من الدقة ، ثم يثبت طرفا الملف بنقطة من أية مادة غروية لاصقة مثل الداج .

ولقد حاولنا إجراء تجربة فريدة ولطيفة وثبت نجاحها فيما يختص بالملف المستخدم فى توليف الجهاز ،ذلك أن الملف من الأجزاء الهامة التى يبنى على دقته صلاحية الجهاز وحسن أدائه لعمله . والملف الذى وصفناه سابقا تستعمل فيه خاصية إعادة التوليد Regeneration إذ أن جزءا من تيار الأشارة اللاسلكية يرجع ثانية بعد تكبيره إلى دائرة التوليف حيث يعمل على تقوية الإشارة الأصلية تقوية كبيرة . والذى جربناه وثبت نجاحه هو استخدام أحد محولات التردد المتوسط I.F.T. بدل الملف للقيام بعملية التوليف اللازمة. والحجوم المستخدمة فى أجهزة الأستقبال الحديثة لهذا المحول حجوم مناسبة وصغيرة بحيث لن تزيد من حجم الجهاز عما وصفناه وتبلغ أبعاد هذا المحول ٤ × ٣ × ١ من السنتيمترات وبه مسماران من النحاس مثبتان فى قطعتين من برادة الحديد المعزول يستعملان كقلبين متحركين للملفين متجاورين داخل علبة من مادة عازلة تعلوها من الخارج علبة أخرى من الألومنيوم . ولن نقوم بعمل أى تحوير فى هذا المحول ، إذ سوف نركبه كما هو دون تغيير فى الجهاز ويصح تثبيته على القاعدة المربعة باستخدام نقطتين من الداج ثم عمل فتحتين مناسبتين للمسمارين المحويين الذين يمكن استخدامها فى توليف الجهاز على محطات الموجه المتوسطة . والمحول الذى استخدمناه هو من إنتاج شركة فيلبس ونوعه A.P. 1001 / 52 وثمنه ٢٥ قرشا (خمسة وعشرون قرشا) .

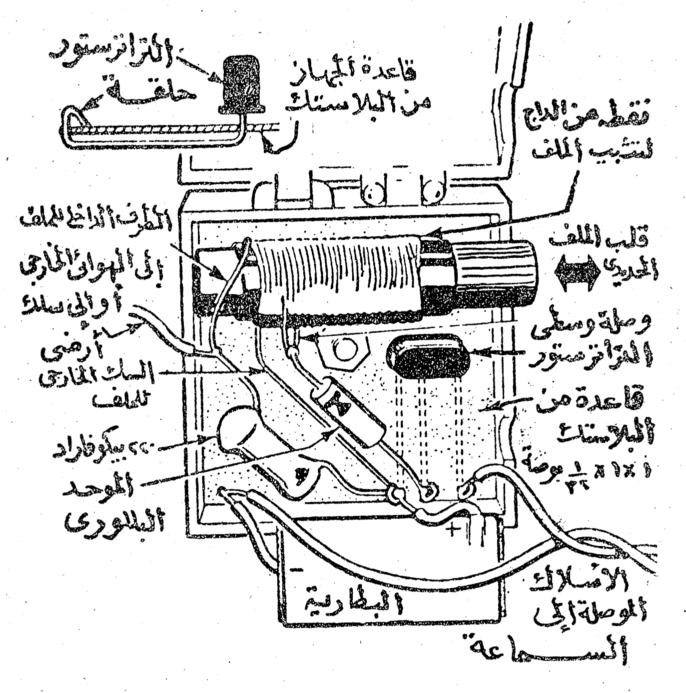
وعند اختيار الملف الذى سبق شرحه نقوم بتعيين مكانه من قاعدة الجهاز ثم يثبت فى مكانه باستخدام الداج ويجب وضع كمية أخرى من الداج

على لفات الملف التى سبق فكها حتى تثبت فى مكانها . وتترك القاعدة وعليها الملف حتى يتماسك الداج تماسكا كبيرا وذلك لمدة ساعة أو أكثر . ويلاحظ أن تكون القاعدة وعليها الملف موجودة فى علبة الجهاز الخارجية عندما يترك الجهـــاز ليتم جفاف الداج وذلك حتى لا يتغير مكان الملف أو يبرز خارجا عن موضعه إذا لم تكن القاعدة فى داخل العلبة أثناء عملية التجفيف .

أما فى حالة اختيار محول التردد المتوسط فيمكن القيام بنفس الإجراء السابق بعد عمل الفتحتين المناسبتين فى العلبه الخارجية للجهاز .

وبعد تمام تثبيت الملف أو المحول فى مكانه من قاعدة الجهاز نحاول إيجاد مكان مناسب لتثبيت الترانزستور . ثم نقوم بعمل ثلاثة ثقوب ضيقة تناسب قطر أسلاك الترانزستور بحيث يبعد الواحد منها عن الآخر بنفس البعد الموجود بينها على قاعدة الترانزستور . ومن السهل عمل هذه الثقوب الثلاثة باستخدام إبرة خياطة ساخنة أو دبوس أو سن فرجار أو مثقب يدوى ذو بنطة رفيعة (قطرها ½ ملليمتر) . ثم توضع أطراف الترانزستور خلال الثقوب الثلاثة ويضغط عليه ضغطا مناسبا لكى يلاصق قاعدة الجهاز ثم تثنى الأطراف الزائدة من الناحية الخلفية للقاعدة بحيث تلامسها وتصنع ثلاثة ثقوب أخرى على أبعاد مناسبة فى القاعدة وتدخل منها هذه الأطراف وتثنى بعد ذلك بشكل حلقات ، يمكن عمل لحام أسلاك توصيل بها كما هو مبين بالشكل (٨٢) .

وإذا أريد الحصول على نهايات ثابتة لأطراف توصيل الهوائى والمكشف والملف والبطارية وسلك السماعة فيمكن تثبيت مسامير صغيرة ذات رؤوس عريضة وطولها ١ سم أو أقل فى ثقوب مناسبة فى القاعدة وتثبت من الناحية الأخرى للقاعدة بنقط من القصدير ثم تقطع الأجزاء الزائدة عن مستوى قاعدة الجهاز باستخدام قصافة أو زردية .



شكل (٨٢)
الرسم التوضيحي للدائرة الكهربية للراديو الصغير

أما الموحد البللورى المستخدم فى الجهاز فهو من نوع الموحدات الصغيرة المصنوعة من بللورات الجرمانيوم ، وهناك أنواع تستخدم للأغراض العامة للتقويم ومنها الأنواع 1N 34 أو OA 50 ويباع النوع الأخير عند شركة فيلبس بمبلغ ٤٠ قرشا للواحد وهذا النوع عبارة عن غلاف زجاجى طوله حوالى ١ سم بداخله قطعة من بللورة الجرمانيوم يلامسها سلك منحن صغير ويخرج من الغلاف سلكان للتوصيل يبلغ طول كل منهما ٤ سم وعند أحد جانبى الغلاف توجد علامتان احداهما سوداء والأخرى خضراء وهى تدل على المهبط أو الكاثود. ومن ناحية الترانزستور المستعمل فى الجهاز فهو من الأنواع العامة ويمكن استعمال أى ترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة المستخدمة فى دوائر التردد المنخفض مثل OC 70 أو OC 71 أو 2 N 107 أو CK 722 وقد استخدم المؤلف نوعا من الترانزستور

منتشرا بالسوق المصرية ويمكن الحصول عليه من شركة فيلبس بالقاهرة أو الأقاليم وهو OC 71 وثمنه يبلغ ١٧٧ قرشا ويمكن استعمال نوع آخر وهو OC 70 ولكن الأول أفضل فى عمله فى هذا الجهاز بعد التجربة .

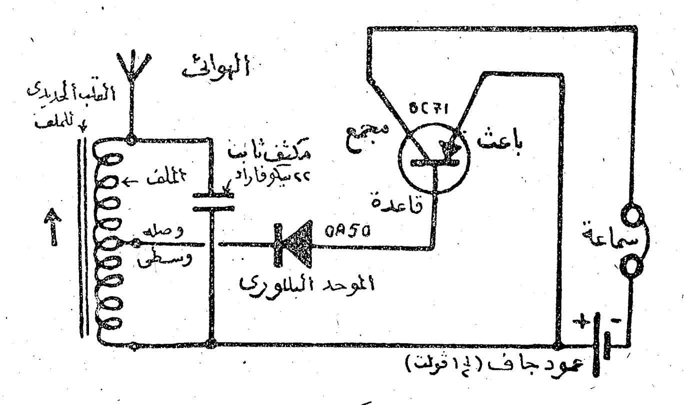
وعند استخدام الملف الذى سبق شرحه لابد من وجود مكثف سعته ٢٢٠ بيكوفاراد يوصل بين نهايتيه وثمنه يبلغ ٣ قروش ويوجد عند جميع محلات بيع قطع غيار الراديو ، وطول هذا المكثف يبلغ ١,٥ سم وقطره حوالى ٠,٨ سم . أما عند استخدام محول التردد المنخفض فى عملية التوليف فلا يلزم وجود هذا المكثف إطلاقا . والملف المستخدم فى عملية التوليف الذى سبق وصفه يبلغ ثمنه ١٥ قرشا . وبذلك يصبح وجود محول التردد المتوسط أحسن بكثير من استخدام الملف ذى القلب الحديدى المتحرك اذ أن استعماله يوفر كثيرا من العناء فى عملية التثبيت ويوفر الحيز الذى سوف يشغله المكثف الثابت الذى سبق ذكره فلن نحتاج إليه مع هذا المحول الذى يحتوى على مكثفين ثابتين فى داخل علبته وموصلين على التوازى مع الملفين .

طريقة توصيل الدائرة :

١ — يوصل أول الملف وآخره بالمكثف الثابت السعة (٢٢٠ بيكوفارد) شكل (٨٣) .

٢ — يثبت سلك عند أحد طرفى الملف يمكن توصيله بالهوائى .

٣ — يوصل الطرف الآخر للملف بالطرف الموجب للعمود الكهربى (١½ ڤولت) مع توصيله بالطرف الباعث للترانزستور (الطرف الموجود فى نهاية الترانزستور المقابلة للنهاية التى توجد عليها نقطة حمراء وهو موضح بالرسم .



شكل (٨٣)

رسم منظور لجهاز الاستقبال يبين أماكن الأجزاء بالنسبة لبعضها

٤ — توصل النقطة المتوسطة فى الملف إلى طرف الموحد البللورى المصنوع من الجرمانيوم المشار عليه بالخطين الأسود والأخضر (المهبط أو الكاثود) .

٥ — يوصل الطرف الثانى من الموحد بقاعدة الترانزستور وهو السلك الأوسط فى قاعدته .

٦ — يوصل الطرف السالب للعمود الكهربى بأحد سلكى السماعه .

٧ — يوصل الطرف المجمع للترانزستور (وهو الطرف المشار إليه بنقطة حمراء على غلاف الترانزستور الأسود) بالسلك الثانى للسماعة .

ولا تختلف عملية التوصيل عند استعمال محول التردد المتوسط عن العملية السابقة إلا فى عملية بسيطة وهى أن هذا المحول له أربعة أطراف كل طرفين يمثلان نهايتى ملف فيوصل طرفى التوصيل الداخليين ببعضهما بسلك ويلحم فيهما مهبط الموحد البللورى . ويوصل إحد الطرفين الخارجيين للمحول بالهوائى والطرف الخارجى الآخر بالقطب الموجب للعمود الكهربى والطرف الباعث للترانزستور . أما بقية أجزاء الجهاز فإنها توصل بنفس الخطوات السابقة .

وتجب العناية التامة بكل من الموحد البللورى والترانزستور خصوصا عند عمليات اللحام ، فلابد من إمساك الطرف المراد لحامه بجسم معدنى يمكن أن يكون ملقطا أو زردية أو ماسك حتى لا تتسرب الحرارة إلى داخل الترانزستور أو الموحد وتتلفه .

وتصنع الحلقة التى يثبت بها الجهاز فى الأصبع من شريط من للنحاس أو الألومنيوم عرضه ٣/٨ بوصه وطوله يناسب محيط الأصبع ويثقب الشريط من منتصفه ثقبا يناسب قطر المسمار الذى يستخدم فى تثبيته فى قاعدة الجهاز والعلبة الخارجيه . ويجب مراعاة عمل مثقوب الجانبية اللازمة لخروج أسلاك السماعة والهوائى وكذلك الثقوب اللازمة لإخراج مسمارى محول التردد المتوسط اللذين يستعملان فى التوليف . وعند استعمال الملف ذى القلب الحديدى فيجب حينئذ عمل ثقب قطره يناسب قطر القلب الحديدى الذى سوف يتحرك فى داخل الملف للقيام بعملية التوليف .

ولا يفوتنا أن نذكر أن هذه العملية التى تمت بتوصيل أجزاء الجهاز ببعضها لم تشمل مفتاحا يقوم بقطع التيار الكهربى ووصله عن الدائرة الكهربية ، ولكن يمكن إجراء عملية القطع والوصل خلال سلك السماعة المتصل بالقطب السالب للبطارية إذ بقطعه ينقطع التيار الكهربى عن الدائرة وبوصله يعود التيار إلى الدائرة . ويمكن استعمال مفتاح كهربى صغير قد يصل ثمنه إلى ١٠ قروش ولو أنه سوف يأخذ حيزاً كبيراً نحن فى غنى عنه . ويمكن كذلك استخدام فيشه plug كالمستخدمة فى أعمال التليفونات بحيث يوصل أحد طرفيها بالطرف المجمع والطرف الآخر بالقطب السالب للبطارية . وعند توصيل السماعة خلالها يمر التيار فى الدائرة وعند رفع السماعة ينطقع التيار عن الدائرة .

هكذا نكون قد أتممنا بناء جهاز استقبال بسيط فى تركيبه قوى فى أدائه

وثمنه يصل إلى ٢٧٠ قرشا ولكن يحسن بنا قبل القيام بتشغيل الجهاز أن نذكر شيئا عن السماعات المستخدمه فى الجهاز .

أن السماعات التى استخدمها المؤلف كانت من النوع العادى ذى القرص المتحرك ومقاومة ملفاتها تبلغ ١٥٠ أوم وثمن الزوج منها ٤٠ قرشاً ويمكن الحصول عليها من محلات بيع مخلفات الجيش بالأزهر أو بشبرا . ومعظم الهواة يملكون سماعات للأذن تتراوح مقاوماتها بين ٥٠ أوم ومليون أوم وسوف تشتغل هذه السماعات كلها بدرجة فائقة من الجودة مع هذا الجهاز . ولكن يحق لنا هنا أن نذكر شيئا عن استعمال السماعات البللورية crystal ear pieces وهى سماعات صغيرة تثبت فى الأذن بواسطة بوق صغير يوضع داخل القناة السمعية ويتدلى منها سلكان يوصلان بالجهاز الذى يمكن وضعه داخل الجيب الداخلى للجاكيت أو جيب الصدر الموجود بالقميص . وعند استعمال سماعة بللورية يلزم توصيل مقاومة مقدارها ٥٠٠ أوم بين طرفى السماعة الموصلين بالقطب السالب للعمود الكهربى والطرف المجمع للترانزستور حتى يمكن لهذه السماعة القيام بعملها .

ويوصل الهوائى الخارجى للمنزل بالجهاز خلال السلك الخارجى المتصل بملف الجهاز وكلما كان الهوائى الخارجى عاليا ومعزولا عزلا كافيا كلما كان أداء الجهاز قويا وإذا وصل هوائى الجهاز بأى أجسام معدنية مجاورة فيمكن الاستماع إلى المحطات بوضوح وقوة مناسبة . ويمكن توصيل هذا السلك بسلك أرضى متصل بأحد صنابير الماء بالمنزل . وكلنا يعلم أن التيار الكهربى الذى يصل إلى المنزل يمر خلال سلكين أحدهما متصل بالأرض ويمكن أكتشاف ذلك فى بريزة التيار الكهربى الموجودة فى غرفة النوم باستخدام كاشف الجهد Tension Tester وهو عبارة عن مفك صغير متصل بأنبوبة مفرغة من الهواء وبها آثار ضئيلة من غاز النيون وبها قطبان متقاربان وذلك

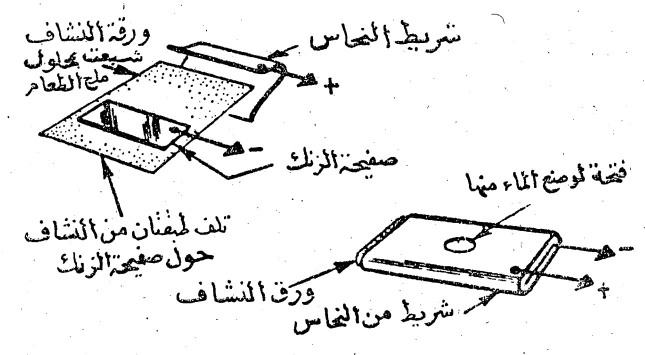
خلال مقاومة كبيرة . فعند ملامسة طرف المفك بكل من طرفى البريزة الكهربية فإن مصباح النيون يضىء بلون أصفر عند ملامسته لأحد الطرفين ولا يضىء إطلاقا عند ملامسته للطرف الآخر وبذا يتبين أن هذا الأخير هو الطرف المتصل بالأرض (ومع كل فيمكن ، خشية حدوث أى صدمة كهربية ، استخدام سلك توصيل إلى أقرب صنبور مياه) .

وبعد توصيل السلك الهوائى بالهوائى الخارجى أو بصنبور المياه توصل السماعة فى الدائرة وتبدأ عملية التوليف بواسطة القلب الحديدى للملف حيث يدار إلى الخارج أو إلى الداخل للاستماع للمحطات المختلفة على الموجه المتوسطة وفى حالة استعمال المحـــول يدار كل من المسمارين نحو الخارج أو الداخل بدرجات مختلفة حتى يمكن ضبط المحطة المراد الاستماع إلى إذاعتها . واستعمال المحول أيسر فى ضبط المحطات وأكثر حساسية واختيارا لها منه عنـــد استعمال الملف ذى القلب المتحرك الذى ينتج تداخلا فى المحطات الإذاعية التى تكون أطوال موجاتها متقاربة . ولقد أمكن بأستعمال هذا المحول فى الجهاز الاستماع إلى جميع المحطات المحلية بوضوح تام وحساسية متناهية فى الدقة . وكان استعمال قطعة من سلك توصيل معلقة فى الجهاز كسلك هوئى طولها حوالى قدمين كافيا لالتقاط الإذاعات التى تذيعها محطات الجمهورية العربيه المتحدة فى القاهرة على الموجات المتوسطة ٣٢٠ ، ٣٨٠ ، ٤٨٣ مترا .

ويقوم بتزويد هذا الجهاز بالتيار الكهربى اللازم له عمود كهربى قوته الدافعة ١½ ڤولت وهو من نوع المستخدم فى إضاءة مصابيح الجيب . والحجم المستخدم من هذه الأعمدة فى جهازنا هو أصغر الحجوم ويبلغ طوله حوالى ٤ سم وقطره ١,٥ سم وثمنه قرش ونصف ويمكن الحصول عليه من جميع محلات الخردوات أو محلات بيع الأدوات الكهربية ويمكن أن يعمل

هذا العمود لمدة تصل إلى ثلاثة أشهر بتشغيل كثير (حوالى ١٢ — ١٦ ساعة فى اليوم) وبذلك يكلف تشغيل الجهاز مليما واحدا لكل ستة أيام. ولكى نقوم بتصوير مقدار ما يستهلكه هذا الجهاز من التيار الكهربى تصويراً دقيقا نقول أن المصباح الكهربى الصغير المستخدم فى بطاريات الجيب يستهلك مقدارا من القـــدرة الكهربية يعادل مائتى مرة قدر ما يستهلكة جهازنا فى نفس الزمن.

وبمعنى أوضح أنه لو أضىء هذا المصباح الكهربى ساعة فإنه يستهلك من القدرة الكهربية ما يكفى لتشغيل جهاز الاستقبال الصغير حوالى عشرة أيام باستمرار.



شكل (٨٤)
العمود الجاف المصنوع من النحاس والخارصين وملح الطعام

فتأمل مبلغ الوفر والاقتصاد ... وهل فوق ذلك متعة؟ ومع كل ذلك ومبالغة فى الوفر والاقتصاد وزيادة المتعة فإنه يمكن تخفيض مقدار هذا الاستهلاك بدرجة كبيرة وذلك باستعمال عمود كهربى شكل (٨٤) يمكن أن يصنع فى المنزل ولا يكلف سوى خمسة مليمات وتلزم لهذه العملية بعض القطع الموجودة بين الأجزاء القديمة المستهلكه بالمنزل وهى : —

١ — شريط من النحاس.

٢ — ورق نشاف.

٣ — قطعة من الخارصين (الزنك) .

٤ — ملح طعام .

ويمكن الحصول على شرائط النحاس من محلات بيع الأدوات النحاسية ويمكن شراء الخارصين من محلات بيع البويات والأدوات الحديدية أو يمكن الحصول عليه من عمود جاف مستهلك .

يقطع الزنك إلى صفائح طول كل منها ٣/٤ بوصة وعرضها ٥/٣٢ بوصة ويستحسن أن لا يكون بها أى ثقوب أو أى أجزاء متآكلة ويجب تنظيف هذه القطع إما باستعمال سلك تنظيف الأوانى المعدنية المنزلية أو باستعمال صنفرة ناعمة ثم يلحم بأحد أطرافها سلك توصيل نحاسى معزول بالمطاط أو البلاستك ويذاب ملء ملعقة شاى من ملح الطعام فى نصف كوب ماء وتغمس ورقة النشاف فى هذا المحلول حتى تتشرب منه كمية مناسبة ثم تعلق قطعة النشاف فى الهواء حتى تجف ويقطع النحاس على هيئة شرائط عرضها ٣/٤ بوصة وطولها حوالى بوصة . وعندما يتم جفاف قطعة النشاف تقطع على هيئة شرائح عرضها ١٣/١٦ من البوصة بحيث تكون أعرض بقليل من كل من شرائط النحاس وشرائط الزنك السابق إعدادها ويلف شريط الورق مرتين على قطعة الخارصين ثم يلف شريط النحاس فوق شريط الورق ويثبت طرفا الشريط النحاسى بلحامهما بالقصدير مع قطعة من سلك التوصيل النحاسى المعزول بالمطاط أو البلاستيك . ويمكن عمل أى عدد من هذه الأعمدة فى نفس الوقت بحيث تحفظ بعد ذلك فى مكان جاف لحين الحاجة إليها . ويمثل شريط النحاس القطب الموجب للعمود وشريط الزنك القطب السالب . ويوصل ضمن الدائرة مكان العمود الجاف الذى سبق توصيله .

وعندما يراد تشغيل الجهاز يكفى وضع نقطة واحدة من الماء على أحد أطراف

ورقة النشاف البارزة من العمود . ويمكن باستعمال نقطة الماء أن يشتغل الجهاز من التيار الكهربى الناتج لمدة أربع ساعات متوالية وبعد ذلك يضعف الصوت فى الجهاز ولإعادة تشغيل العمود يترك قليلا لمدة نصف ساعة دون عمل (وذلك برفع توصيلة السماعة من الدائرة لقطع التيار الكهربى عن الجهاز) ثم توضع نقطة أخرى من الماء على ورقة النشاف فيعود العمود للعمود مرة ثانية . وهذا العمود يشبه العمود البسيط الذى سبق شرحه فى باب مصدر التيار . ويسبب عدم وجود مادة مانعة للاستقطاب (وهو ضعف التيار الكهربى الذى يخرج من العمود نتيجة لتراكم فقاعات من الأيدروجين على لوح النحاس) ضعف التيـــار الناتج من هذا العمود بعد تشغيله مدة طويلة وربما ضايق ذلك من يقوم بتشغيل الجهاز بواسطة هذا العمود ولكن اللذة التى يجنيها الهاوى من وراء صناعة مصدر للتيار الكهربى بيديه يعوض ذلك . والقوة الدافعة لهذا العمود ١,٤٤ ڤولت ويمكنه إنتاج قدرة كهربية تكفى لتشغيل الجهاز تشغيلا حسناً .

أما إذا أردنا أن نزود هذا الجهاز بمصدر ثابت للتيار المستمر يمكنه أن يعمل مدة طويلة دون كلل أو ملل فعلينا باستخدام أعمدة الزئبق وهى مرتفعة الثمن إذ يبلغ ثمن الواحد منها حوالى عشرين قرشا أن وجدت ولا نظن وجودها فى الوقت الحاضر فى أسواقنا . وجهد هذا العمود يصل إلى ١,٣٤ ڤولت ويظل هذا الجهد ثابتا طالما كان العمود سليماً ولا يقل هذا الجهد إلا عندما يستهلك العمود إستهلاكا تاما . وحجم هذا العمود يقارب حجم حبة الأسبرين وفيه من المميزات الكثيرة مايستدعى استخدامه ففيه لن يحدث تآكل فى السطح الخارجى مثل ما يحدث فى الأعمدة الجافة ، ولن ينتفخ أو يخرج منها أية سوائل قد تسبب إتلافا لأجزاء الجهاز كما يحدث أحياناً عند استخدام الأعمدة الجافة . ويغطى السطح الخارجى لهذا العمود بالنيكل وبذلك يصعب

لحام أسلاك توصيل بطرفيه ، ولذا فمن المستحسن وضع حامل معدنى له داخل علبة الجهاز على شكل قطعتين من النحاس يُحشر بينهما هذا العمود بحيث يتصل أثناء ذلك كل من قطبيه السالب والموجب بقطعتى النحاس . وبذلك يكون من السهل رفع هذا العمود من مكانه عند استهلاكه ووضع عمود آخر فى مكانه.

وقد يجد بعض المتأنقين أن استعمال البطاريات الشمسية شكل (١٧) فى تشغيل الجهاز شيء يدعو إلى المتعة . ولكن يلاحظ أنه عند استعمال هذه البطاريات يعكس توصيلها بالجهاز بمعنى أن الطرف الموجب للبطارية الشمسية يوصل فى مكان الطرف السالب للعمود الكهربى الذى يستخدم عادة فى تزويد الجهاز بالتيار .

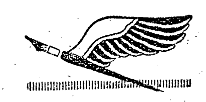
كيف يعمل الجهاز :

إن الدائرة المكونة من الملف والمكثف الموصلين على التوازى هى دائرة رنين موصلة على التوازى سبق بيان وصفها، فعندما ترد الإشارات اللاسلكية إلى هوائى الجهاز تُنتج فيه تيارا كهربيا ذا جهد خاص وله تردد معين ، فعند تحريك القلب الحديدى للملف يتغير حثه ويتغير تبعا لذلك تردد التيار الذى يحدث معه الرنين ، فعند ضبط هذا القلب فى نقطة معينة يصبح رد فعل الملف بالنسبة للتيار المتردد الموجود فى سلك الهوائى مساويا ومضادا لرد فعل المكثف بالنسبة لنفس التيار المتردد فيحدث الرنين وينتج عن ذلك أن التيار الذى يمر فى دائرة الملف والمكثف يكون أكبر ما يمكن نظرا لخلو هذه الدائرة عند هذه الحالة من أثر رد الفعل (وذلك لأن رد فعل الملف يتضاد مع رد فعل المكثف فيمحوان أثر بعضهما البعض) ولا يوجد فى الدائرة غير مقاومة الملف ومقاومة المكثف وهما عادة مقاومات صغيرة فيكبر التيار المار فى هذه الدائرة .

ونظرا لأن الملف هنا يقوم بعمل محول ذاتى فإن وجود نقطة توصيل

فى منتصفه تعمل على تقليل الجهد بين طرفى هذا الجزء وزيادة شدة التيار المار فيه وهذا التيار يصل مترددا إلى الموحد الذى يوقف عمل نصف موجاته بحيث يصبح التيار فى اتجاه واحد ومتقطع . ثم تصل هذه الإشارة بعد تقويمها إلى قاعدة الترانزستور حيث يزيد من الجهد الأصلى المتصل بها أو ينقصه بما يؤثر زيادة أو نقصانا فى شدة التيار المار فى الدائرة التى تشمل الطرف الباعث والطرف المجمع والسماعة . فيحدث أن تترجم السماعة هذه التيارات المتغيرة إلى نفس الأصوات الصادرة من محطة الإذاعة .

ويلاحظ هنا أن دائرة الطرف المجمع والقاعدة موصلة بمصدر التيار (وهو العمود الكهربى) فى الاتجاه العكسى . أما دائرة الطرف الباعث مع الطرف المجمع فموصلة فى اتجاه التوصيل . وهى الطريقة التى سبق شرحها عند دراسة عمل الترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة .



جهاز استقبال

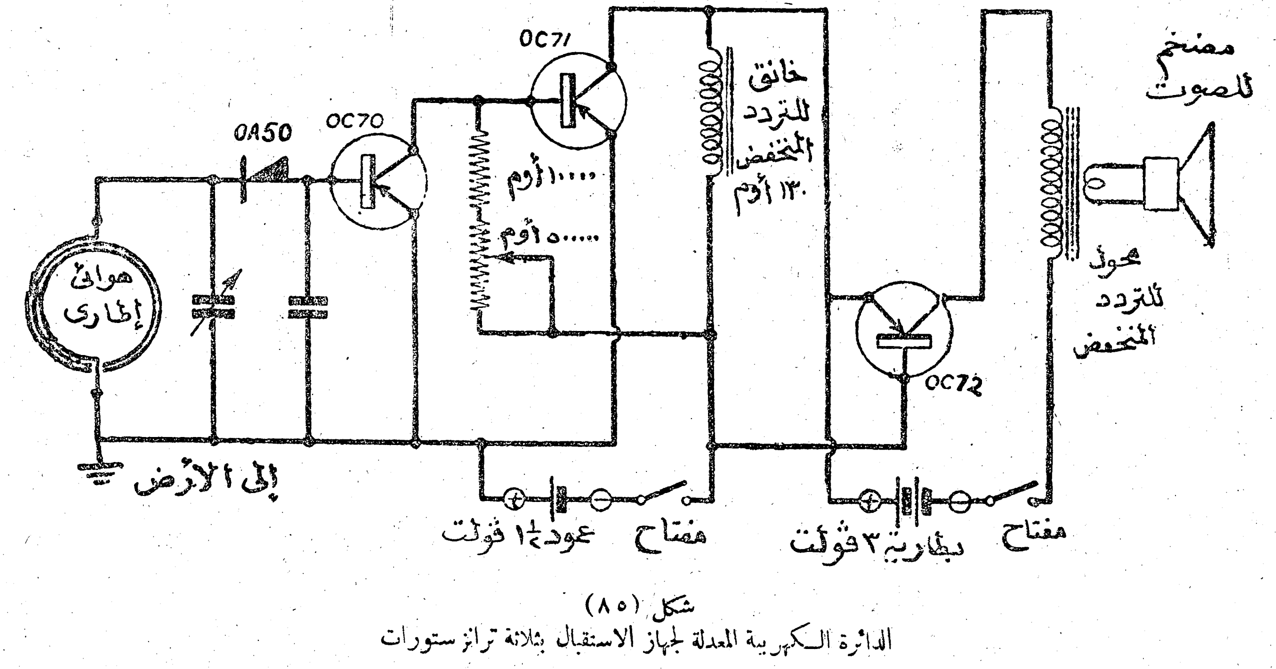
يحتوى على ثلاثة ترانزستورات

هذا الجهاز يمثل أبسط طرق التوصيل وأرخصها . وقد استخدمت فيه ثلاثة ترانزستورات وأنواعها OC 72 ، OC 71 ، OC 70 والشكل (٨٥) يوضح الدائرة الكهربية لهذا الجهاز وهى معدلة عن التصميم الرئيسى المبين بشكل ٨٦ * .
ويحتوى على أربعة ترانزستورات أنواعها OC 71 ، OC 71 ، OC 71 ، OC 70 ومنها ترانزستوران من نوع OC 71 يستعملان فى دائرة الخروج ويمكن الاستعاضة عنهما بترانزستور واحد من نوع OC 72 ويستخدم لهذا الجهاز هوائى إطارى ، وهو يكفى لاستقبال المحطات المحلية للإذاعة وخصوصاً إذا كانت قوية ، ومع ذلك فيمكن استخدام هوائى خارجى مع الجهاز لاستقبال المحطات البعيدة .

وأما الأدوات والأجزاء اللازمة للجهاز الأساسى فهى مبينة فيما يلى شكل (٨٥) :

١ — ملف من سلك نحاسى معزول بالورنيش رقم ٣٠ S. W. G. وقطر السلك ٣, مم على اسطوانة من الورق المقوى قطرها نصف بوصة وعدد لفات الملف ٧٠ لفة وبداخل الملف اسطوانة من برادة الحديد المعزول ويستعمل هذا الملف بدلا من الهوائى الإطارى الذى يمكن عمله من ٤٢ متراً من سلك نحاس قطره ٨, مم معزول بالقطن على لوح من الفيبر أو البلاستيك أبعاده ٢٥ × ٢٠ سم وثمن الملف حوالى ١٥ قرشاً وقد يمكن شراؤه من محلات بيع مخلفات الجيش بثمن زهيد لا يتجاوز بضعة قروش وأما الهوائى الإطارى فيبلغ ثمنه نحو ٢٠ قرشاً . وقد أمكن استبدال الهوائى الإطارى والملف السابق بمحول للتردد المتوسط الذى سبق ذكره فى الجهاز

(*) يمكن الهاوى أن ينفذ إحدى الدائرتين حسب توافر الترانزستورات المناسبة فى السوق .



شكل (٨٥)
الدائرة الكهربية المعدلة لجهاز الاستقبال بثلاثة ترانزستورات

السابق ويصل ثمنه إلى ٢٠ قرشاً . وقد يستعمل هوائى داخلى وهو غالى الثمن (حوالى ٨٠ قرشاً) وهو قضيب من برادة الحديد المعزولة طوله (٢٠ سم) وقطره (١,١ سم) وعليه ملفان من سلك نحاسى من نوع (ليتز Litz) ويستعملان بدل الهوائى الإطارى أو الملف السابق وهو يعطى نتائج حسنة .

٢ — خانق للتردد المنخفض مقاومته (١٣٠) أوم وحثه ٢٠ هنرى وثمنه حوالى ٥٠ قرشاً .

٣ — مفتاح ذو قطبين وقفزة واحدة (Toggle Switch) وثمن هذا المفتاح ١٥ قرشاً ويباع عند محلات بيع قطع غيار الراديو .

٤ — مقاومة ثابتة كربونية ١٥٠٠٠ أوم أو ١٠٠٠٠ أوم وثمنها ١,٥ قرش .

٥ — ضابط صوت (وهو عبارة عن مقاومة متغيرة قيمتها ١٠٠٠٠٠ أوم) وثمنها ١٥ — ٢٥ قرشاً .

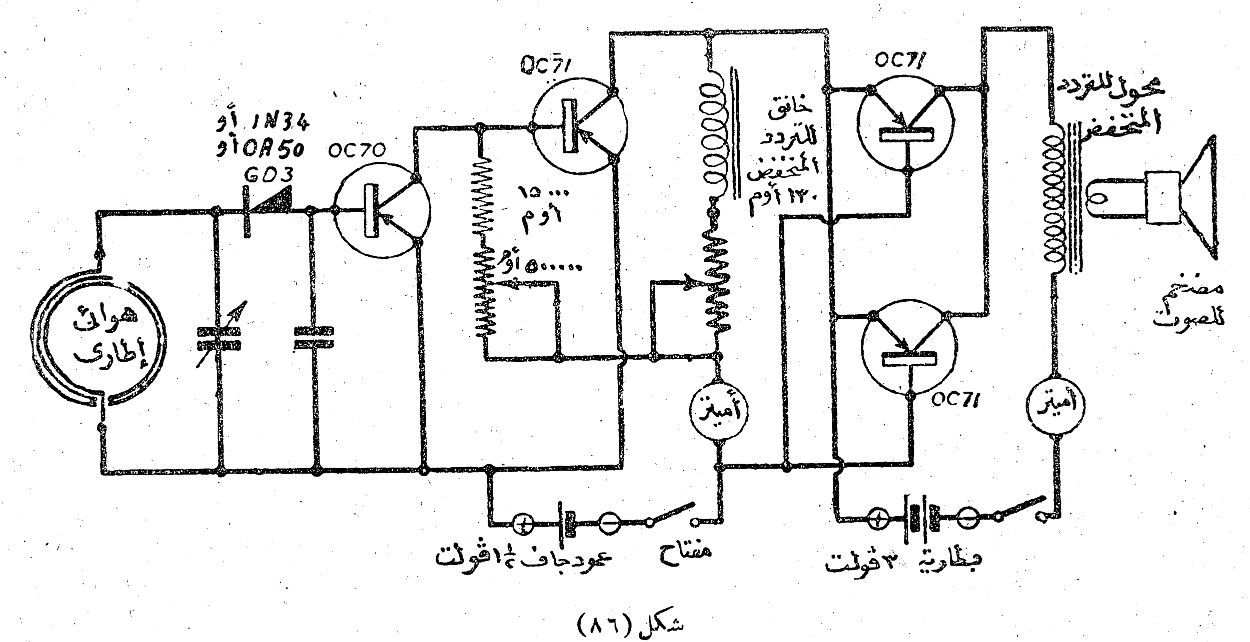
٦ — مكثف ثابت السعة ٠,٠١ ميكروفاراد وثمنه ٤ قروش .

٧ — مكثف متغير (نحاس معزول بالميكا) سعته ٣٠٠ — ٥٠٠ بيكوفاراد أو ٣٠٠ سم — ٥٠٠ سم أو ٠,٠٠٠٣ — ٠,٠٠٠٥ ميكروفاراد وثمنه ١٥ قرشاً .

٨ — مضخم للصوت حجمه يتناسب مع حجم العلبة المستخدمة للجهاز ويمكن استعمال مضخم قطره ٢$\frac{1}{4}$ أو ٣ أو ٦ بوصات مع المحول المتفق مع ملفه Matching Transformer . وتبلغ قيمة مضخم الصوت ١٢٠ — ١٩٠ قرشاً حسب قطره أما المحول فيصل ثمنه إلى ٣٠ قرشاً .

٩ — ترانزستور (OC 70) وثمنه ١٧٧ قرشاً .

١٠ — ترانزستور واحد من نوع OC 71 وثمنه ١٧٧ قرشاً وآخر



شكل (٨٦)

الدائرة الكهربية الأصلية لجهاز الاستقبال بأربعة ترانزستورات

من نوع OC 72 * وثمن الزوج من هذا النوع الأخير ٣٩٠ قرشاً ولا يمكن شراء قطعة واحدة إذ لابد من بيع القطعتين معاً لأسباب تتعلق بخصائص ومميزات واستعمالات هذا النوع (إذ يستخدم ـ كما سيأتى ذلك فى جهاز آخر ـ زوج من هذا النوع فى دائرة للخروج تستخدم فيها ظاهرة الدفع والجذب).

١١ — موحد بلورى OA 50 وثمنه ٤٠ قرشاً .

١٢ — بطارية ٣ فولت وثمنها ٣,٥ قرش .

١٣ — عمود ١,٥ فولت وثمنه ١,٥ قرش .

١٤ — علبة من البلاستيك المستخدمة فى حفظ الشيكولاتة وأبعادها ١٥ سم × ١٠ سم × ٥ سم وثمنها ٨ قروش من إحدى شركات البلاستيك .

وبذلك تتراوح تكاليف بناء هذا الجهاز بين ثمانية جنيهات واثنى عشر جنيهاً وذلك نظراً لإمكان استبدال بعض الأجزاء بأخرى تشترى من مخلفات الجيش، فمثلا يمكن شراء الخانق المناسب بعد جهد يسير بمبلغ لا يزيد عن خمسة قروش فى حين أن ثمنه وهو جديد ٥٠ قرشاً وكذلك الحال بالنسبة لضابط الصوت الذى يمكن شراؤه بثمن يبلغ ١٠ قروش وثمن الجديد منه ٢٥ قرشاً وكذلك بالاستغناء عن ترانزستورين من نوع OC 71 وثمنهما ٣٥٤ قرشاً واستبدالهما بترانزستور واحد قيمته ١٩٥ قرشاً من نوع OC 72 .

توصيل الدائرة الكهربية للجهاز :

قبل إجراء عملية التوصيل يلزم وضع القطع المختلفة فى أماكن متناسبة مع بعضها مع ملاحظة توصيل أطراف الترانزستورات بقطعة من الفيبر

(*) يمكن فى شكل (٨٦) استخدام زوج من الترانزستور من نوع OC 71 إذا لم يتيسر وجود OC 72 .

عليها حلقات نحاسية يمكن تثبيتها فى قاعدة الجهاز بواسطة مسمارين محويين ويثبت مضخم الصوت فى مكان يناسبه بحيث لا يأخذ إلا حيزاً صغيراً . أما ضابط الصوت فيصح تثبيته فى أحد الأوجه الضيقة للعلبة وبجانبه مفتاح توصيل التيار الكهربى ولقد أمكن للعلبة التى سبق وصف أبعادها أن تحوى جميع أجزاء الجهاز بما فيها البطارية والعمود الكهربى ومضخم الصوت والمفتاح وضابط الصوت والملف والخانق كما يوجد مكان كاف لوضع المكثف المتغير .

وبعد تثبيت كل جزء فى مكانه المناسب يبدأ فى عملية التوصيل . ولا بد أن نتبع فى التوصيل الرسوم التوضيحية المبينة . ويجب أن يلاحظ أن قاعدة الترانزستور من جميع الأنواع المستخدمة فى هذا الجهاز توصل بالسلك المتوسط من الأسلاك الثلاثة الخارجة من الترانزستور ، كما أن الطرف المجمع مشار إليه بنقطة حمراء على الغلاف الأسود للترانزستور وأما الطرف الباعث فلا يوجد له علامة مميزة .

طريقة توصيل الدائرة الأساسية : شكل (٨٥)

١ — يوصل أحد طرفى الهوائى الإطارى أو الملف أو أحد ملفى محول التيار ذى التردد المتوسط بالطرف الأسود للموحد البللورى بأحد طرفى المكثف المتغير (٣٠٠ سم — ٥٠٠ سم) .

٢ — يوصل الطرف الثانى للموحد بقاعدة الترانزستور الأول OC 70 مع أحد طرفى المكثف الثابت (٠٠١, ميكروفاراد) .

٣ — يوصل الطرف المجمع للترانزستور الأول بقاعدة الترانزستور الثانى مع أحد طرفى المقاومة الثابتة (١٥٠٠٠ أوم أو ١٠٠٠٠ أوم)

٤ — يوصل الطرف الثانى للملف أو الهوائى الإطارى أو الهوائى

الداخلى أو محول التردد المتوسط بالطرف الثانى من المكثف المتغير والطرف الثانى من المكثف الثابت مع الطرف الباعث لكل من الترانزستورين الأول والثانى بالقطب الموجب للعمود الكهربى ١½ فولت .

٥ — يوصل الطرف الثانى من المقاومة الثابتة بأحد طرفى المقاومة المتغيرة (ضابط الصوت) .

٦ — توصل قاعدة الترانزستور الثالث بالطرف الأوسط (المتحرك) من ضابط الصوت مع الطرف الثابت الآخر منه مع أحد طرفى الخانق (للتردد المنخفض) بأحد طرفى النصف الأول للمفتاح (ويوصل الطرف الآخر للمفتاح بالقطب السالب للعمود ١½ فولت) * .

٧ — يوصل الطرف المجمع للترانزستور الثانى OC 70 مع الطرف الثانى للخانق مع الطرف الباعث للترانزستور الثالث بالقطب الموجب للبطارية عالية الجهد (٣ فولت) .

٨ — يوصل الطرف المجمع للترانزستور الثالث بأحد طرفى الملف ذى المقاومة الكبيرة لمحول مضخم الصوت .

٩ — يوصل الطرف الآخر للملف ذى المقاومة الكبيرة فى المحول بأحد طرفى النصف الثانى للمفتاح (مع توصيل الطرف الثانى لهذا المفتاح بالقطب السالب للبطارية عالية الجهد ٣ فولت) .

١٠ — يوصل طرفى الملف ذى المقاومة الصغيرة للمحول بمضخم الصوت

وبمقارنة هذه الدائرة المعدلة (شكل ٨٥) بالدائرة الأصلية (شكل ٨٦) يمكن ملاحظة أنه أمكن الاستغناء عن بعض الأجزاء دون الإخلال بالنتائج

---

* أو مع قاعدتى الترانزستورين الثالث والرابع فى الدائرة شكل ٨٦

التي يمكن الحصول عليها . مثال ذلك ، حذف المقاومة المتغيرة (١٠٠ أوم) وجهازى قياس شدة التيار ، كذا الترانزستورين . الثالث والرابع OC 71 (والاستعاضة عنهما بترانزستور واحد من نوع OC 72) . والملاحظ أن كلا من الترانزستورين المستعملين فى الدائرة الأساسية موصلين على التوازى ببعضهما ، بمعنى أن كل طرف من أطرافهما متصل مع نظيره من الآخر . فقاعدة الترانزستور الثالث متصلة بقاعدة الرابع والطرف الباعث للثالث متصل بنظيره فى الرابع . والطرف المجمع للثالث موصل بالطرف المجمع للرابع .

ولإجراء عملية الاستبدال يكفى أن يوصل الطرف الباعث للترانزستور الجديد مكان الطرفين الباعثين للترانزستورين الثالث والرابع وهما من نوع OC 71 كما سبق وهكذا بالنسبة لبقية الأطراف .

كيف يعمل الجهاز :

يتكون الجهاز من ثلاث مراحل رئيسية : —

المرحلة الأولى . مرحلة التوليف والكشف وهى مكونة من الهوائى أو الملف مع مجموعة المكثفين المتغير والثابت والموحد البللوري والترانزستور الأول OC 70 وهذه المرحلة تشبه فى عملها ما قام به الجهاز الذى سبق شرحه مع فارق بسيط هو عدم اتصال كل من طرفيه الباعث والمجمع بمصدر التيار مباشرة .

المرحلة الثانية : هى مرحلة التكبير الأول وفيها يؤخذ التيار الصغير الخارج من الترانزستور الأول فيوصل فى دائرة الترانزستور الثانى بحيث يزداد تكبير هذا التيار بالقدر الذى يمكن دفعه إلى المرحلة الثالثة .

المرحلة الثالثة : وهى مرحلة الخروج وتتعامل مع تيارات ذات شدة كبيرة نسبيا وهى مرحلة لازمة وخصوصا فى كل الأجهزة التى يلزم تشغيل مضخم للصوت معها وتماثل هذه المرحلة مرحلة صمامات الخروج فى الأجهزة الالكترونية . وفى الوقت الذى تكون فيه شدة التيار المار فى دائرة الطرف الباعث والمجمع للترانزستور الثانى حوالى ١,٥ مللى أمبير فإن شدة التيار الذى يمر فى دائرة الطرف الباعث والطرف المجمع للترانزستور الأخير (أو الترانزستورين الأخيرين) تصل إلى ٣ مللى أمبير وفى الحالات التى يلزم إخراج قدرة أكبر يمكن إستخدام ترانزستورين من نوع OC 72 يوصلان فى دائرة تسمى دائره الدفع والجذب كما سوف يأتى شرح ذلك فى الجهاز التالى .

ويقوم ضابط الصوت (مقاومة متغيرة مقدارها ١٠٠٠٠٠ أوم) بتغيير الجهد بين الطرف الباعث للترانزستور الأخير (فى دائرة الخروج) وبين قاعدة هذا الترانزستور بالقدر الذى يزيد من مقدار الإشارة التى تدخل إليه أو ينقصها بحيث يعلو الصوت أو ينخفض فى مضخم الصوت . ويمكن استبدال هذه المقاومة المتغيرة بمقاومة ثابتة مناسبة (حوالى ٥٠ ألف إلى ٨٢ ألف أوم) .

ويجب أن يلاحظ ألا تكون مقاومة الخانق أكبر من المقاومة المحددة له وهى (١٣٠ أوم) لأن ذلك سوف يقلل من الجهد المتصل بالترانزستور الثانى وبذلك تزيد شدة التيار المار فى الترانزستور الثالث مما يقلل من كفاءة الجهاز . وإذا كانت مقاومة الخانق أقل من ١٣٠ أوم وجب إضافة مقاومة ثابتة توصل على التوالى معه لتعطى تأثير الجهد المساعد اللازم للترانزستور الثانى حتى تكون شدة التيار المار فى الترانزستور الثالث مناسبة ولا تزيد عن ٣ مللى أمبير .

تشغيل الجهاز :

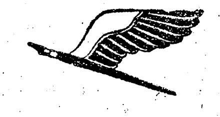
يوصل الجهاز بمصدرى التيار وذلك بإدارة مفتاح التوصيل فى الاتجاه الذى يسمح بمرور التيار فى مراحل الجهاز ثم يدار مفتاح ضابط الصوت حتى نحصل على صوت أساسى فى مضخم الصوت . ثم تدار يد المكشف المتغير أو يغير طول القلب الحديدى الموجود داخل الملف أو مسمارى محول التردد المتوسط حتى نحصل على المحطة التى نرغبها وإذا كان الصوت ضعيفا فيحسن تجربة هوائى خارجى يوصل بالطرف المشار إليه باللون الأسود من الموحد البلورى . وإذا كان الصوت ما زال ضعيفا فيستبدل بالهوائى الخارجى سلك أرضى متصل بأحد صنابير الماء فى المنزل .

وفى الجهاز الذى قام المؤلف بتركيبه استبدل مضخم الصوت بسماعة من مخلفات الجيش وهى من النوع ذى الملف المتحرك ومقاومة ملفها حوالى ٥٠ أوم وصلت مباشرة فى دائرة الخروج بين الطرف المجمع للترانزستور الأخير والطرف السالب للبطارية عالية الجهد (٣ فولت) فأعطت صوتا واضحا قويا .

ويمكن استخدام هذا الجهاز فى عمل التكبير اللازم لتشغيل سماعة أذن مما يستعمل فى مساعدة السمع بالنسبة للأشخاص الصم . وعند استعمال جهاز الاستقبال كمكبر يقطع طرفى توصل الملف أو الهوائى الإطارى من الجهاز ويوصل فى مكانهما ميكروفون بللورى من نوع جيد ويستعمل بدل مضخم الصوت والمحول الموافق لهزوج من سماعات الأذن من النوع ذى الإبرة المتحركة ومقاومة ملفات كل منهما ٥٠ أوم . ويجب إبعاد الميكروفون عن السماعات حتى لا تسبب ظاهرة إعادة التغذية صفيرا غير مرغوب فيه يسمع خلال السماعات . وعند استعمال مضخم للصوت فى دائرة خروج هذا الجهاز مع ميكروفون بللورى فيجب وضع مضخم الصوت فى غرفة غير الغرفة

الموجود بها الميكروفون ، وإلا حدث صفير مضايق ولذا يمكن استعمال هذا الجهاز البسيط لمعرفة صراخ الأطفال الرضع بوضع الميكروفون بجانب سرير الطفل ووضع مضخم الصوت فى غرفة السيدة الأم حتى يمكنها ملاحظة حركات الطفل وصياحه بمجرد حدوثهما .

ويمكن استخدام هذا الجهاز كذلك فى المستشفيات بحيث يوضع الميكروفون بجانب سرير المريض والسماعات أو مضخم الصوت فى غرفة الممرضات بحيث يمكنهن إجابة طلبات المرضى بسرعة .



جهاز تكبير من ٤ ترانزستورات

يستعمل فى أغراض متعددة

صمم هذا الجهاز ليقوم بتكبير التيارات الضعيفة التى تكون لدينا من أجهزة مختلفة . فمثلا يستخدم فى تكبير تيار خارج من رأس إعادة سماع تسجيل من جراموفون أو من مسجل . كما أنه يستخدم لتكبير تيار ضعيف كالناتج من الترانزستور الصغير السابق توضيحه فى الجهاز الأول من مجموعة الأجهزة .

وعلى العموم لو كان لدينا تيار ضعيف بحيث لا يستطيع تشغيل مضخم صوت فإن هذا الجهاز يمكنه أن يقوم بتكبير هذا التيار بالدرجة الكافية بحيث يصبح الصوت قوياً واضحاً بدرجة حساسية كبيرة . وقد جرب على مضخم صوت قطره ٨ بوصات فأعطى نتائج باهرة .

ويتميز هذا الجهاز زيادة على ما سبق بقلة استهلاكه للتيار الكهربى فإذا علمنا أن مصدر التيار اللازم له بطارية قوتها الدافعة ٦ فولت وأن التيار اللازم لتشغيل الدائرة هو ٣٠ مللى أمبير أى تصبح القدرة المستهلكة ١٨, واط = ١٨٠ مللى واط وهى قدرة ضئيلة للغاية (تساوى عشر استهلاك المصباح الكهربى الصغير المستخدم فى إضاءة مصباح الجيب) وتتضح ضآلة الاستهلاك بمقارنته باستهلاك جهاز تكبير يشتغل على التيار العام (قدرته ٣٠ واط) أى أن استهلاك جهاز التكبير بالترانزستور = $\frac{١}{١٥٠}$ من استهلاك جهاز التكبير العادى .

الأدوات اللازمة للجهاز :

أولا — المقاومات : مقاومات ثابتة وقدرتها $\frac{١}{٢}$ واط ، ومقاديرها

كالآتى وثمن كل منها ١,٥ قرش .

$م_{١}$ = ٣٣٠ ألف أوم

$م_{٤}$ = ١٥ ألف أوم

$م_{٥}$ = ١٥ ألف أوم

$م_{٦}$ = ٨٢ ألف أوم

$م_{٧}$ = ٥,٦ ألف أوم

$م_{٨}$ = ١,٨ ألف أوم

$م_{٩}$ = ١٠٠ ألف أوم

$م_{١٠}$ = ٣٩ ألف أوم

$م_{١١}$ = ١٨ ألف أوم

$م_{١٢}$ = ٤٧٠ أوم

$م_{١٣}$ = ١٥٠ أوم

$م_{١٦}$ = ٨٢ أوم

$م_{١٥}$ = ١٣٠ أوم وثمنها = ١٠ قروش ورمزها .N.T.C *

وهناك ثلاث مقاومات متغيرة مقاديرها كالآتى :

$م_{٢}$ = ٥٠٠ ألف أوم وثمنها يتراوح بين ٢٠ و ٥٠ قرشا

$م_{٣}$ = ١٠٠ ألف أوم وثمنها يتراوح بين ٢٠ و ٥٠ قرشا

$م_{١٤}$ = ٣ آلاف أوم ويمكن الحصول عليها من محلات بيع مخلفات الجيش بسعر قدره ١٠ قروش .

ثانياً — المكثفات : هناك مجموعة من المكثفات الثابتة تلزم لبناء هذا الجهاز :

$ث_{١}$ = ٠,١٢ ميكروفاراد (من النوع المعزول بالصينى) وثمنه ٥ قروش

---

* سيأتى شرح عمل هذا النوع من المقاومات

ث$_٢$ = ١٠ ميكروفاراد (٢ فولت أو ١٠ فولت) وثمنه ١٢ قرشا
ث$_٣$ = ٣٢ " (٣ فولت أو ١٠ فولت) وثمنه ١٢ قرشا
ث$_٤$ = ٣٢ " (٣ فولت أو ١٠ فولت) وثمنه ١٢ قرشا
ث$_٥$ = ١٠٠ " (١٢½ فولت أو ١٠ فولت) وثمنه ١٥ قرشا
ث$_٦$ = ١٠٠ " (٣ فولت أو ١٠ فولت) وثمنه ١٥ قرشا

ويستحسن استعمال الأنواع الصغيرة الحجم من المكثفات حتى لا تشغل حيزا كبيرا فى الجهاز .

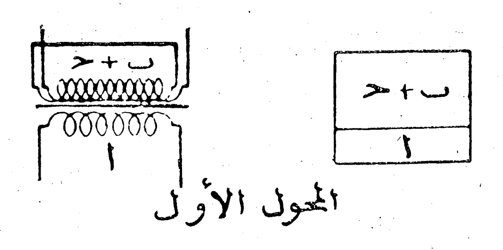
ثالثاً — <u>الترانزستورات</u> : ضمن أدوات الجهاز ٤ ترانزستورات اثنان منها من نوع OC 71 واثنان من نوع OC 72 وقد سبق أن عرف القارئ الثمن وأماكن الحصول عليها .

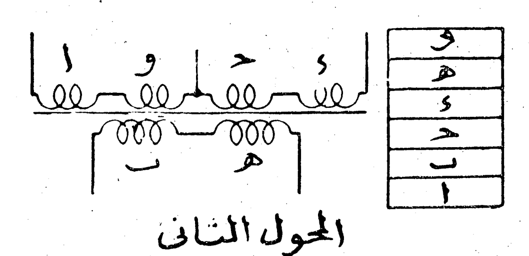
رابعاً — <u>مضخم الصوت</u> : وقطره ٨ بوصات وتبلغ قيمته ٥٠ قرشا .

خامسا — <u>مصدر التيار</u> : البطارية المستخدمة ثمنها ١٦ قرشا ويمكن استعمال أربعة أعمدة ثمن الواحد ٢,٥ قرش .

هذا بخلاف مسامير التوصيل والعلبة الخارجية التى تشمل الجهاز وتصميمها متروك لذوق الهاوى .

سادسا — <u>المحولان</u> : المحولان المطلوبان للجهاز لا يمكن شراؤهما جاهزين ولكن يمكن لفهما بعد عملية اختيار دقيقة للصفائح اللازمة بحيث تكون أبعادها مساوية للأبعاد التى سوف نذكرها . والصفائح لكلا المحولين على شكل الحرفين E,I وعند تجميعهما سوف تنتج محولا مقفلا وأبعاد هذه الصفائح وسمكها مذكورة فيما يلى .





شكل (٨٧)

رسم يوضح كيفية لف الملفات التى تكون المحولين المستخدمين فى جهاز التكبير مع طريقة توصيل أطراف هذه الملفات ببعضها

المحول الأول : أبعاده الخارجية ٣١×٢٥×٨ مم . وصفائحه من نوع الحديد النيكلى رقم ٣٦ ، (وتركيبها الكيميائى هو ٣٦ ٪ نيكل و٢ ٪ نحاس و ٨,٠ ٪ منجنيز والباقى حديد نقى) . ويُركب الملف حول الفرع الأوسط من الصفائح التى على شكل E وأبعاد الملف الداخلية هى ٨×٨×١٥ مم أما أبعاده الخارجية فهى ٢٣×٢٣×١٥ مم وينقسم السلك فيه إلى قسمين .

الملف الأول (ا) ويشغل ثلث طول أسطوانة الملف ويعمل من سلك نحاسى معزول بالورنيش قطره ٠٩,٠ مم بعدد لفات قدرها ٢١٠٠ لفة بحيث تكون مقاومته للتيار المستمر = ٣٠٠ أوم . والرقم التجارى لهذا السلك هو ٤٣ S.W.G.

الملفان (ب + ج) ويحتلان الثلثين الباقيين من طول أسطوانة الملف ويمكن عزلهما عن الملف (ا) بواسطة طبقة من الورق المقوى أو البلاستيك . ويلف هذان الملفان مع بعضهما باستخدام سلك مزدوج من النوع النحاسى المعزو ل

بالورنيش وقطره ١٨, مم (رقمه التجارى هو S.W.G. ٢٧) وعدد اللفات من السلك المزدوج هو ٦٠٠ لفة وتبلغ مقاومة كل من الملفين ٢٨ أوم .

ويبلغ طول الملف الأول (ا) حوالى ١٢٥ مترا أما الملفان الثانى والثالث فيبلغ طولها معاً حوالى ٨٠ مترا . ويجب أن يلاحظ عند تثبيت المحول فى الجهاز وتوصيله بالدائرة الكهربية أن يوصل أول الملف (ب) مع آخر الملف (ج) لينتجا وصلة وسطى .

المحول الثانى : أبعاده الخارجية ٤٠ × ٢٥ × ٣٥ مم وصفائحه من نوع الصلب السيليكونى رقم ٢,٦ (وتركيبها من ٨, ٪ — ١,٨ ٪ سيليكون والباقى من ٩٩,٢ ٪ — ٩٨,٢ ٪ حديد). ويوجد الملف حول الفرع المتوسط لهذه الصفائح وأبعاده الداخلية هى ١٠ × ١٠ × ٢٠ مم أما أبعاده الخارجية فهى ٣٠ × ٣٠ × ٢٠ مم .

ويجب أن يقسم طول الملف إلى ستة أقسام متساوية باستعمال قطع من الورق المقوى أو البلاستيك الرقيق ، ويشتمل كل قسم على عدد معين من اللفات ومن سلك ذى نوع خاص وسوف نرمز إلى هذه الأجزاء بالرموز (ا ، ب ، ح ، د ، ه ، و) بحيث تكون متتالية عند لفها على الاسطوانة العازلة وبعد أن يتم تركيبها توصل أطرافها حسب الرسم شكل (٨٧) .

والملفات (ا ، ج ، د ، و) متشابهة وكل منها يحتوى على ٢٠٤ لفات من سلك نحاسى معزول بالورنيش قطره ٢٨, مم (S.W.G. ٣١) وطول كل منها حوالى ١٥ مترا والملفان الباقيان وهما (ب ، ه) متشابهان وكل منهما يحتوى على ٦٢ لفة من سلك نحاسى معزول بالورنيش قطره ٥٠, مم (S.W.G. ٢٥) وطول كل منهما حوالى ٦ أمتار .

وعند إتمام اللف توضع الصفائح فى وسط الملف بحيث تتبادل فى أوضاعها

بالنسبة لبعضها وتتداخل لتكون قلباً كاملا حول الملف . ويراعى أن لا يدخل أحد أطراف الأسلاك بين الصفائح وأن لا يتفتت أو يكشف العازل بين الصفائح عند إرجاعها إلى مكانها من المحول .

ثم تجرى عمليات التوصيل الآتية لإعداد المحولات :

١ — يوصل آخر الملف (ا) بأول الملف (و) .

٢ — يوصل آخر الملف (و) بأول الملف (ج) وتصنع عند هذين الطرفين حلقة لتوصيل وصلة وسطى .

٣ — يوصل آخر الملف (ج) بأول الملف (د) .

٤ — يترك آخر الملف (د) دون توصيل .

٥ — يوصل آخر الملف (ب) مع أول الملف (ه) ويترك طرفاهما الآخران دون توصيل .

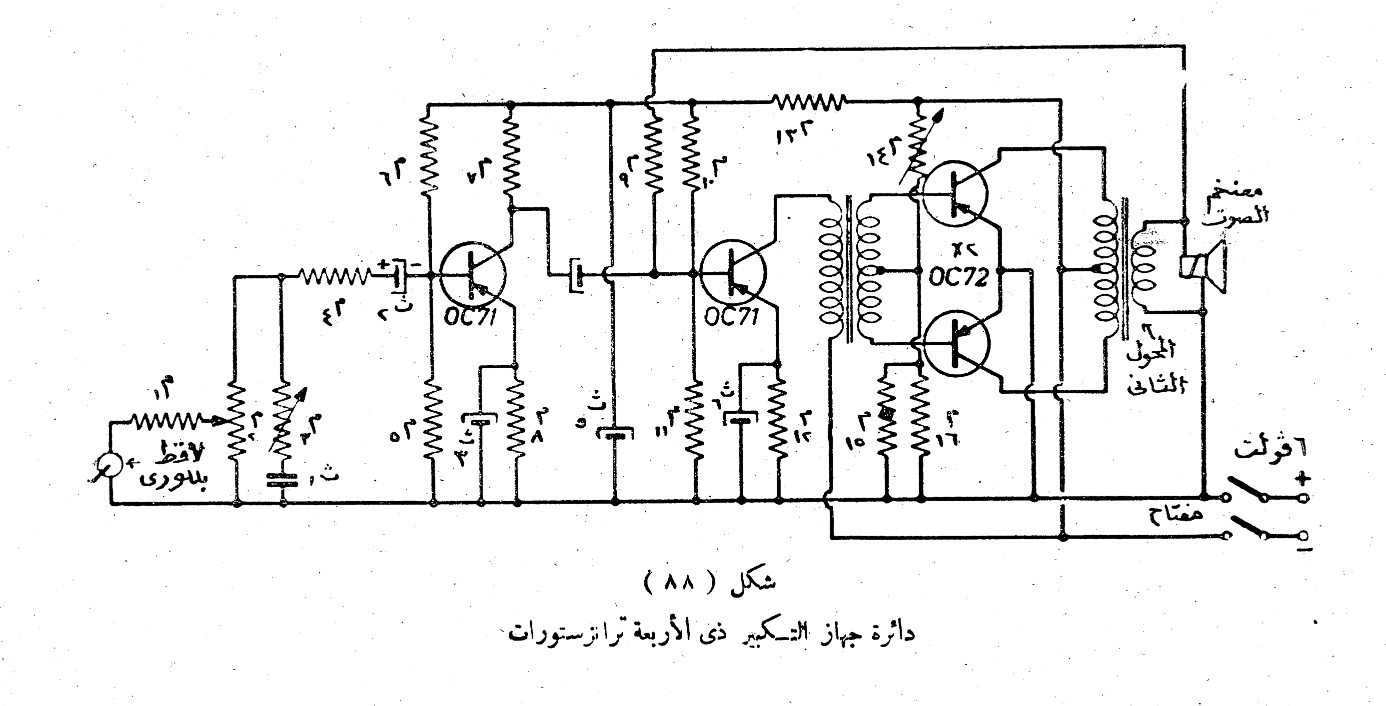
وبذلك يخرج من كل من المحولين خمسة أسلاك . اثنان للملف الابتدائى وثلاثة للملف الثانوى (منها وصلة وسطى) .

ولن يتكلف تركيب هذين المحولين إلا مبلغا ضئيلا إذا أمكن الحصول على الصفائح اللازمة لكل من محولين قديمين ثمنهما لا يتجاوز ١٠ قروش . أما الأسلاك اللازمة لكل من المحولين فيبلغ ثمنها حوالى ١٥ قرشا وبذلك يتكلف المحولين ٢٥ قرشا .

والرسم شكل (٨٧) يوضح طريقة توصيل المحولين فى الدائرة الكهربية .

طريقة توصيل الدائرة :

١ — يوصل الطرف الموجب للبطارية بكل من الأطراف الآتية : أنظر شكل (٨٨) .



شكل (٨٨)

دائرة جهاز التكبير ذى الأربعة ترانزستورات

(ا) أحد طرفى مضخم الصوت .

(ب) أحد طرفى الملف الثانوى للمحول الثانى (أحد الطرفين المرسلين من الملفين ب ـ أو ـ ه) .

(ج) الطرفين الباعثين للترانزستورين من نوع OC71

(د) أحد طرفى المقاومة الثابتة $م_{١٦}$

(ه) » » » » $م_{١٥}$

(و) » » » » $م_{٢١}$

(ز) » » » » $م_{١١}$

(ح) » » » » $م_{٨}$

(ط) » » » » $م_{٥}$

(ى) » » المكثف الثابت $ث_{١}$

(ك) الطرف الخارجى من المقاومة المتغيرة $م_{٢}$

(ل) سلك توصيل إلى الرأس البللورية للإذاعة .

(م) الأطراف المشار إليها بعلامة (+) على المكثفات $ث_{٣}$،$ث_{٥}$،$ث_{٦}$.

٢ — يوصل الطرف السالب للبطارية بكل من الأطراف الآتية :

(ا) الطرف المتوسط من الملف الابتدائى للمحول الثانى ، وهو عبارة عن الوصلة الوسطى من آخر الملف « و » إلى أول الملف « ج » .

(ب) أحد طرفى الملف الإبتدائى للمحول الأول (أحدطرفى الملف ا).

(ج) أحد طرفى المقاومة الثابتة $م_{١٣}$.

(د) الطرف الخارجى من المقاومة المتغيرة $م_{١٤}$.

٣ — يوصل أحد طرفى المقاومة $م_١$ بالطرف المتوسط من المقاومة المتغيرة $م_٢$.

٤ — يوصل الطرف الأخير من المقاومة المتغيرة $م_٢$ مع الطرف المتوسط والطرف الأخير للمقاومة المتغيرة $م_٣$ بأحد طرفى المقاومة الثابتة $م_٤$.

٥ — يوصل الطرف الأول من المقاومة المتغيرة $م_٣$ بالطرف الثانى من المكثف الثابت $ث_١$

٦ — يوصل الطرف الثانى من المقاومة $م_٤$ بالطرف المشار إليه بعلامة (+) على المكثف $ث_٢$.

٧ — توصل قاعدة الترانزستور الأول OC 71 بكل من :

(ا) أحد طرفى المقاومة الثابتة $م_٦$.

(ب) الطرف الثانى من المقاومة الثابتة $م_٥$

(ج) الطرف المشار إليه بعلامة (—) على المكثف $ث_٢$.

٨ — يوصل الطرف الثانى من المقاومة الثابتة $م_٦$ بكل من :

(ا) أحد طرفى المقاومة الثابتة $م_٧$

(ب) « « « $م_{١٠}$

(ج) الطرف الثانى من المقاومة $م_{١٣}$

(د) الطرف المشار إليه بعلامة (—) على المكثف $ث_٥$

٩ — يوصل الطرف المجمع للترانزستور الأول بكل من :

(ا) الطرف السالب للمكثف $ث_٤$

(ب) الطرف الثانى من المقاومة $م_٧$

١٠ — يوصل الطرف الباعث للترانزستور الأول بكل من :

(ا) الطرف الثانى من المقاومة $م_٨$

(ب) « السالب للمكثف $ث_٣$

١١ — توصل قاعدة الترانزستور الثانى OC 71 بكل من :

(ا) الطرف الموجب للمكثف $ث_٤$

(ب) « الثانى من المقاومة $م_{١١}$

(ج) « « « $م_{١٠}$

(د) أحد طرفى المقاومة $م_٩$

١٢ — يوصل الطرف الآخر من المقاومة $م_٩$ بالطرف الآخر من مضخم الصوت والطرف الآخر للملف الثانوى من المحول الثانى .

١٣ — يوصل الطرف المجمع للترانزستور الثانى بالطرف الآخر من الملف الابتدائى للمحول الأول .

١٤ — يوصل الطرف الباعث للترانزستور الثانى OC 71 بكل من :

(ا) الطرف السالب للمكثف $ث_٦$

(ب) الطرف الثانى من المقاومة $م_{١٢}$

١٥ — يوصل الطرف المتوسط للملف الثانوى للمحول الأول (طرف اتصال الملفين ب ، ج) بكل من :

(ا) الطرف الثانى من المقاومة $م_{١٥}$

(ب) « « « $م_{١٦}$

(ج) « المتوسط للمقاومة المتغيرة $م_{١٤}$

(د) « الأخير للمقاومة المتغيرة $م_{١٤}$

١٦ — توصل قاعدة أحد الترانزستورين الأخيرين (وهما من نوع OC 72) بأحد الطرفين الخارجيين للملف الثانوى من المحول الأول . وقاعدة الترانزستور الثانى بالطرف الآخر من نفس الملف لهذا المحول .

١٧ — يوصل الطرف المجمع لأحد الترانزستورين الأخيرين (OC 72) بأحد الطرفين الخارجيين للملف الابتدائى من المحول الثانى ، والطرف المجمع للترانزستور الثانى بالطرف الآخر من نفس الملف لهذا المحول .

وبهذا يكون توصيل أجزاء الجهاز قد تمت ولكن يجب أن نتذكر أن كلا من طرفى البطارية يوصلان بمفتاحين يمكن بواسطتهما إدخال التيار الكهربى فى الجهاز أو قطعه عنه .

شرح طريقة عمل هذا المكبّر :

لقد صمم هذا الجهاز ليقوم بتكبير التيارات التى تنتج من رأس بللورية لإذاعة التسجيلات من الأقراص الشمعية (اسطوانات الجراموفون) ويصل جهد التيار الذى يدخل الجهاز بواسطة هذه الرأس إلى ٣, فولت ، وهو جهد كاف لأن يقوم الجهاز بعمله فى التكبير خير قيام . وتنقسم دائرة الجهاز إلى ثلاثة مراحل وهى مرحلة الدخول In put ومرحلة النقل Driver ومرحلة الخروج Output . فأما مرحلتا الدخول والنقل فهما مزودتان بترانزستورين من نوع OC71 وتحتوى مرحلة الخروج على زوج متوافق Matched Pair من الترانزستور من نوع OC 72 . ويستخدم فى مرحلة الخروج نظرية الدفع والجذب Push - pull . وتوصيل مرحلة الخروج بهذا الشكل يحقق أحسن النتائج من استعمال البطارية ويعطى أكبر شدة للتيار يمكن الحصول عليها من الترانزستورين ، لأن شدة التيار الخارج من البطــــارية يتوقف على التغير (أو التعديل Modulation) الذى يحدث فى التيار الداخل إلى الجهاز ،

ومهما كان هـــذا التغير صغيرا فإن آثاره تظهر مكبرة فى التيار الخارج من البطارية .

وتتصل مرحلتا الدخول والنقل ببعضهما بواسطة مجموعة من المقاومات والمكثفات . ولهذا النوع من أنواع التوصيل ميزات كثيرة على توصيل هاتين المرحلتين بواسطة المحولات ، وضمن هذه المـــيزات قلة تكاليفها وحساسيتها للترددات المختلفة هذا بالرغم من أن قوة التحصيل تكون أقل منها عند استعمال المحولات .

أما مرحلة الدفع فهى متصلة بمرحلة الخروج بواسطة محول النسبة بين عدد لفات ملفيه الابتدائى والثانوى هى ٣,٥ : ١ + ١ ،وهى نسبة متوسطة صالحة للربط بين هاتين المرحلتين ربطا قويا .

وقد صمم محول الخروج بحيث يوافق مضخمات الصوت التى تحتوى على ملفات تبلغ مقاومة كل منها ٥ أوم . هذا وننصح باستعمال نوع جيد من مضخمات الصوت فى هذا الجهاز .

وتوصل رأس الإذاعة البللورية إلى الجهاز خلال مقاومة ثابتة مقدارها ٣٣٠ ألف أوم ولو أن الطاقة التى تستهلكها هذه المقاومة من التيار الداخل تعتبر كبيرة جدا ، إلا أن وجود هذه المقاومة يوفر كثيراً من الفراغ الذى لا بد أن يشغله محول مناسب للتيار الداخل .

وتسبق مقاومة ضبط الصوت Volume Control مرحلة الدخول لكى لا يزيد التيار الداخل إلى الجهاز زيادة كبيرة تعرضه للتلف . أما ضابط النغم Tone Control فهى عبارة عن مقاومة متغيرة ومكثف متصلين بدائرة الدخول يعملان على ترشيح التيار الداخل إلى الجهاز من الترددات العالية . ويمكن إستعمال مكثف يوصل بين طرفى الملف الإبتدائى أو بين طرفى

الملف الثانوى لمحول الخروج وذلك لضبط النغم ، ولكن وجود المكثف فى هذه الدائرة قد يؤدى إلى نقص ممانعة الطرف المجمع لكل من الترانزستورين الأخيرين مما يسبب زيادة كبيرة فى شدة التيار الخارج منهما قد تتلف ملف مضخم الصوت .

وتعمل المقاومات المتصلة بأجزاء الدائرة المختلفة على تثبيت شدة التيار الذى يمر فى المراحل المختلفة للجهاز عند مقادير معينة لابد من الوصول إليها ليقوم الجهاز بعمله خير قيام ، لذلك وصلت عدة مقاومات بين طرفى البطارية وقاعدة الترانزستور الأول وطرفه الباعث بحيث صارت شدة التيار المار فى الطرف الباعث له ٤,٠ مللى أمبير . ووصل كذلك عدد من المقاومات بين طرفى البطارية وقاعدة وباعث الترانزستور الثانى بحيث صارت شدة التيار فى طرفه الباعث ٢ مللى أمبير . وباستخدام مقاومة متغيرة (م١٤) موصلة فى مرحلة الخروج بالترانزستورين الأخيرين OC 72 يمكن تغيير قيمة شدة التيار المار فى الطرف المجمع لكل منهما بحيث تصبح ١,٥ مللى أمبير ويقوم كل من المكثف (م١٣) والمقاومة (ث٥) بمنع إعادة التغذية الموجبة من مرحلة الخروج إلى مرحلة التكبير الأولى حتى لا يحدث تشويش فى الصوت الناتج من الجهاز .

ويستخدم فى هذا الجهاز مقاومة ذات معامل حرارى سالب* توصل بين الطرف الموجب للبطارية والقاعدة المشتركة لكل من

---

* إذا مر تيار فى سلك فانه يلقى مقاومة لمروره عند درجة الحرارة العادية ، وتزداد هذه المقاومة كلما ارتفعت درجة حرارة السلك . وقد وجد أن بعض السبائك المعدنية تقل مقاومتها عند ارتفاع درجة حرارتها مما يزيد من شدة التيار الذى يمر فيها .

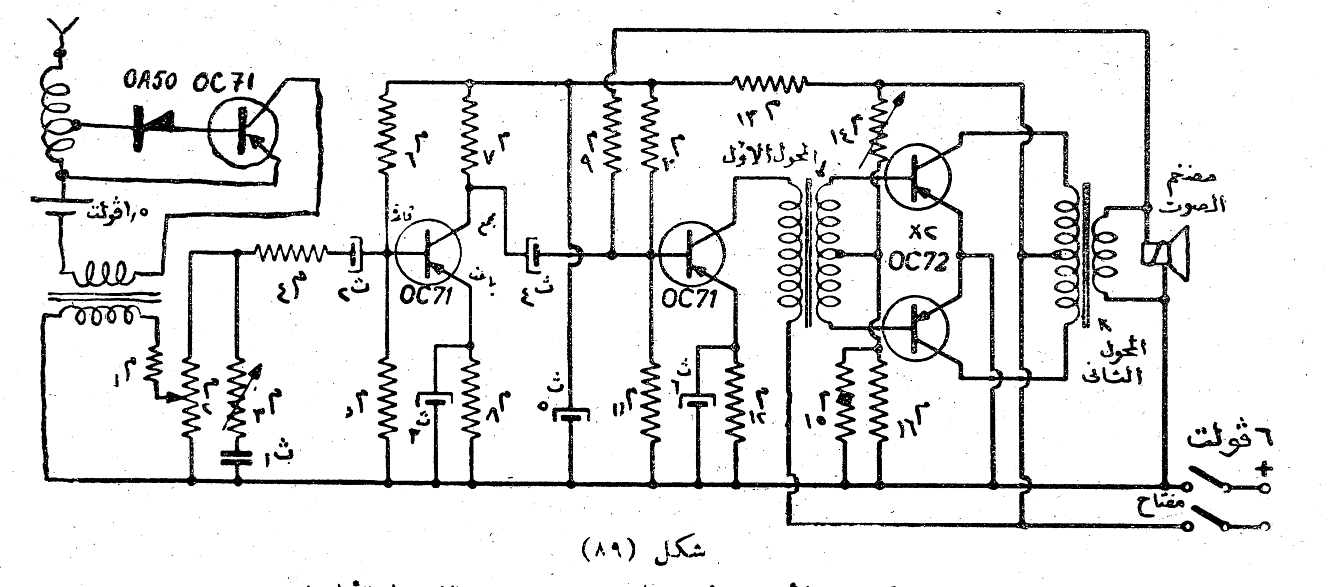
وقد استخدمت هذه الأسلاك فى صناعة تركيب يقوم بعملية تنظيم شدة التيار الذى يمر فى دائرة كهربية عند تغير درجة الحرارة . ويسمى هذا الجهاز بالمنظم الحرارى أو المقاومة ذات المعامل الحرارى السالب أو الثرميستور . وقد سبق ذكره فى باب سابق .

الترانزستورين الأخيرين ،وهى تقوم بمعادلة أثر التغيير الذى يحدث فى درجات الحرارة الخارجية على شدة التيار المار فى الترانزستورين OC 72 . ونظرا لكبر قيم المقاومات المستعملة فى هذا الجهاز والتى تتصل بكل من الترانزستورين الأولين (OC 71) فإن التغيرات فى درجة الحرارة الخارجية لن تسبب تغيرات تذكر فى التيار المار فيهما بحيث تلزم معالجة أثر هذه التغيرات باستعمال المنظمات الحرارية .

ويحدث فى معظم أجهزة التكبير أو الاستقبال التى يستخدم فيها الترانزستور تشويش ينتج عن التغيرات الفجائية لشدة التيار فى كل من مرحلتى النقل والخروج . وقد وصلت المقاومة $م_٩$ وقيمتها ١٠٠ ألف أوم بين الملف الثانوى لمحول الخروج وقاعدة الترانزستور الثانى لإعادة تغذيته بمقدار مناسب من التيار الخرج حتى يزول التشويش فى مرحلة الخروج ، وتسمى طريقة التوصيل هذه بإسم إعادة التغذية السالبة .

وقد أمكن الجمع بين الجهاز الأول (راديو ترانزستور فى حجم علبة الكبريت) مع هذا الجهاز المكبر للحصول على جهاز استقبال (شكل ٨٩) رائع ذى حيز صغير وجودة بالغة وحساسية فائقة ويمكنه إستقبال محطات الموجة المتوسطة دون الحاجة إلى توصيل سلك الهوائى فى الجهاز الأول بهوائى خارجى بل إن إستعمال قطعة من السلك طولها قدمين قد أعطت نتائج حسنة فى استقبال المحطات المحلية .

ويتم الجمع باستبدال سماعة الأذن فى جهاز الإستقبال ، الصغير بالملف الإبتدائى (ذى المقاومة الكبيرة) لمحول خافض للجهد نسبة لفاته ١٠ : ١ أو ٥ : ١ ، وهو من نوع المحولات المستخدمة فى المراحل المتوسطة لأجهزة الإستقبال العادية ، ويمكن الحصول على الكثير من هذا النوع من سوق مخلفات الجيش ولا يزيد ثمنه على خمسة قروش . أما الملف الثانوى لهذا



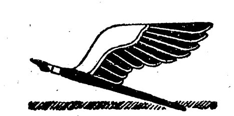
شكل (٨٩)

دائرة جهاز التكبير ذى الأربعة ترانزستورات بعد إضافة جهاز الإستقبال الأول إليه ،
لتكوين جهاز استقبال شديد الحساسية

المحول (ذى المقـاومة الصغيرة) فيوصل فى مكان رأس الإذاعة أو اللاقط البللورى Crystal Pick-up المتصلة بجهاز التكبير .

ويمكن مع ذلك إستبدال مقاومة الدخول فى جهاز التكبير (م١) ومقدارها ٣٣٠ ألف أوم بمقاومة ذات قيمة أصغر (حوالى ١٠٠ ألف أوم) للحصول على صوت أعلى من الجهاز . ويجب أن لا تقل قيمة هـذه المقاومة عن هذا المقدار حتى لا يكون التيار الذى يدخل الجهاز كبيراً فيعرضه للتلف.

ولقد استخدم جهاز التكبير السابق فى إعادة إذاعة بعض التسجيلات من شريط مغنطيسى وذلك باستبدال رأس إذاعة الجراموفون برأس إذاعة التسجيلات من الشريط مباشرة دون أية مراحل تكبير فى الوسط ، ومن المدهش أنه بالرغم من قلة التيار الذى ينتج فى هذه الرأس بالنسبة للتيارات التى تنتج فى رأس إذاعة التسجيلات البللورية بمقدار كبير ، فإن الصوت الذى نتج فى السماعة من جهاز التكبير كان واضحاً قوياً .



أجهزة مساعدة السمع

جهاز مساعد للسمع ذو ثلاث ترانزستورات

هذا الجهاز يستخدم للتكبير ، وهو ذو حساسية فائقة وحجم صغير جداً واستهلاك ضئيل للتيار ، ويمكن وضعه فى الجيب الداخلى للجاكيت ويوصل بسماعة صغيرة تثبت فى الأذن وميكروفون صغير يمكن وضعه فى عروة الجاكيت . وقد صمم هذا الجهاز لمساعدة ذوى السمع الضعيف على إلتقاط الأصوات الخارجية بوضوح يعوضهم النقص فى حساسية آذانهم لهذه الأصوات .

الأدوات : الأدوات اللازمة للجهاز هى :

أولا – المقاومات :

مقاومة ثابتة $م_{١}$ = ١٢٠ أوم

مقاومة ثابتة $م_{٣}$ = ٦٨٠ أوم

مقاومة ثابتة $م_{٤}$ = ١٥٠٠ أوم

مقاومة ثابتة $م_{٦}$ = ٢٢٠ أوم

مقاومة ثابتة $م_{٧}$ = ١٨٠ أوم

مقاومة ثابتة $م_{٨}$ = ١٨٠٠ أوم

مقاومة ثابتة $م_{١٠}$ = ٢٧٠ أوم

مقاومة ثابتة $م_{١١}$ = ٢٩٠٠ أوم

مقاومة ثابتة $م_{١٢}$ = ١٢٠ أوم

مقاومة ثابتة $م_{١٤}$ = ١٠ أوم

مقاومة ثابتة $م_{١٥}$ = ١٢٠ أوم

(وتختلف قيمة المقاومة الأخيرة $م_{١٥}$ كما سيأتى ذلك .) ويبلغ ثمن المقاومة

الثابتة من المقاومات السابقة ١,٥ قرشاً ، وهى من النوع الذى يمكنها تحمل قدرة كهربية قدرها ½ واط . ويمكن استخدام المقاومات من النوع الذى يتحمل قدرة كهربية قدرها ¼ واط دون خوف من حدوث أى احتراق لإحداها نظراً لصغر التيارات الكهربية التى تمر بها .

وهناك مقاومتان متغيرتان م٢ ومقدارها من ٣٠٠ — ٥٠٠٠٠٠ أوم والأخرى م١٣ ومقدارها من ٨٠٠٠ — ٣٠٠٠٠٠ أوم وثمن الواحدة يتراوح بين ٢٠ ، ٣٠ قرش .

أما المقاومة م٤ فهى من النوع ذى المعامل الحرارى السالب N. T. C. ومقدارها ٢٢٠٠ أوم عند ٢٥°م وثمنها حوالى ١٠ قروش ، والمقاومة م٩ من نفس النوع (N. T. C.) ومقدارها ١٥٠٠ أوم عند ٢٥°م .

ثانياً : المكثفات :

يلزم للجهاز :

مكثف ثابت السعة ث١ = ١٠ ميكروفاراد

» » » ث٢ = ١٠ » »

» » » ث٣ = ١٠ » »

» » » ث٤ = ١٠ » »

» » » ث٥ = ١٠ » »

» » » ث٦ = ٠,٨ » »

وكلها تعمل عند جهد كهربى أقصاه ٦ فولت . وثمن المكثف منها ١١ قرشا .

ثالثاً : المحولات :

ويستخدم فى هذا الجهاز محولان للتردد المنخفض :

المحول الأول :

وأبعاده الخارجية هى : ٤٠ × ٢٥ × ٣٥ مللمتر .

وأبعاد الفراغ فى أسطوانة الملف : ١٠ × ١٠ × ٢٠ مللمتر .

والأبعاد الخارجية لأسطوانة الملف : ٢٠ × ٣٠ × ٢٠ مللمتر .

ويحتوى على ثلاث ملفات :

(ا) الملف الإبتدائى وهو من سلك نحاس معزول بالورنيش قطره ٠٤٥, مم ورقمه ٤٧ .S. W. G وعدد لفاته ٢٧٠٠ لفه وحثه ٧,٢ هنرى عند ما تكون شدة التيار المار فيه٥, مللى أمبير ، ومقاومته للتيار المستمر ٨٦٠ أوم .

(ب) الملف الثانوى وهو يتكون من ملفين منفصلين يصنع الأول من سلك نحاس معزول بالورنيش قطره ٠٦, مم ورقمه ٤٥ .S. W. G وعدد لفاته ٦٠٠ لفة ومقاومته للتيار المستمر ٣٠٠ أوم . أما الملف الثانوى الثانى فيصنع من سلك نحاس معزول بالورنيش قطره ١, مم ورقمه ٤٢ .S. W. G وعدد لفاته ٦٠٠ لفة.

المحول الثانى :

أبعاده الخارجية ٤٠ × ٢٥ × ٣٥ مللمتر .

أبعاد فراغ الملف ١٠ × ١٠ × ٢٠ ملمتر .

أبعاد الملف الخارجية ٣٠ × ٣٠ × ٢٠ مللمتر .

وهو من نوع المحولات الذاتية ويحتوى على ملفين متصلين .

الملف الأول : (الإبتدائى $س_١$) ويصنع من سلك نحاسى معزول بالورنيش قطره ٠٤٥, مم ورقمه ٤٧ .S. W. G وعدد لفاته ٢١٧٨ لفة ومقاومته للتيار المستمر ٦٥٠ أوم .

الملف الثانى: (الثانوى $س_٢$) ويصنع من سلك نحاس معزول بالورنيش قطره ٠٤, مم ورقمه ٤٨ .S. W. G وعدد لفاته ٦٢٢ لفة ومقاومته للتيار المستمر ١٢٠ أوم ويلاحظ أنه بعد إتمام لف الملف الأول $س_١$ يلحم طرفه

بسلك رقمه ٤٨ .S. W. G ويصنع عندها سلك لتوصيل هذه النقطة بالدائرة الكهربية ثم يلف الملف الثانى (س٢) فوق الملف الأول .

وأماحث الملفين معاً فيصل إلى ٨,٦ هنرى عند ماتكون شدة التيار المار فيهما ٥, مللى أمبير .

رابعاً : الميكروفون : من النوع المغناطيسى .

مقاومته للتيار المستمر ٢٠٠ أوم .

وممانعته للتيار ١٠٠٠ أوم (عند ما يكون التردد ١٠٠٠ ذبذبة فى الثانية) .

خامساً : السماعة : من النوع المغناطيسى .

مقاومتها للتيار المستمر ٩٠ أوم .

وممانعتها للتيار ٢٧٠ أوم (عند ما يكون التردد ١٠٠٠ ذبذبة فى الثانية) ويمكن شراء الميكروفون من توكيل شركة فيليبس أو مولارد بالقاهرة وثمن الميكروفون ثلاثة جنيهات وثمن السماعة جنيه ونصف .

ويمكن صناعة المحولين بالمنزل بتكاليف لا تزيد عن ٢٠ قرشاً ويمكن الحصول على الصفائح اللازمة للمحولين من أى جهاز راديو قديم أو من مخلفات الجيش بثمن لا يزيد على ١٠ قروش .

سادساً : الترانزستورات :

يلزم للجهاز ثلاثة ترانزستورات إثنان منها من نوع OC 70 والثالث OC 71 والقارىء يعرف الثمن ومكان البيع .

أما مفتاح التوصيل اللازم للجهاز فيمكن الحصول عليه من محلات بيع أدوات الراديو ويبلغ ثمنه ٢٠ قرش وهو من النوع ذى الثلاثة أطراف .

سابعاً : مصدر التيار : عبارة عن عمود كهربى $1\frac{1}{2}$ فولت من الحجم الصغير .

طريقة توصيل الدائرة

أنظر شكل (٩٠)

١ — يوصل الطرف الموجب للعمود الكهربى بالطرف المتحرك للمفتاح .

٢ — يوصل الطرف المتوسط للمفتاح بكل من النقط الآتية :

(ا) الطرف الباعث للترانزستور الثالث OC71 .

(ب) أحد طرفى المقاومة $م_{١٠}$.

(ح) أحد طرفى المقاومة $م_{٩}$.

(د) أحد طرفى المقاومة $م_{٨}$.

(ه) أحد طرفى المقاومة $م_{٦}$.

(و) أحد طرفى المقاومة $م_{٥}$.

(ز) أحد طرفى المقاومة $م_{٤}$.

٣ — يوصل الطرف السالب للعمود الكهربى بالنقط الآتية :

(ا) أحد طرفى المقاومة $م_{١٤}$.

(ب) الطرف الخالص للملف (١) من المحول الثانى .

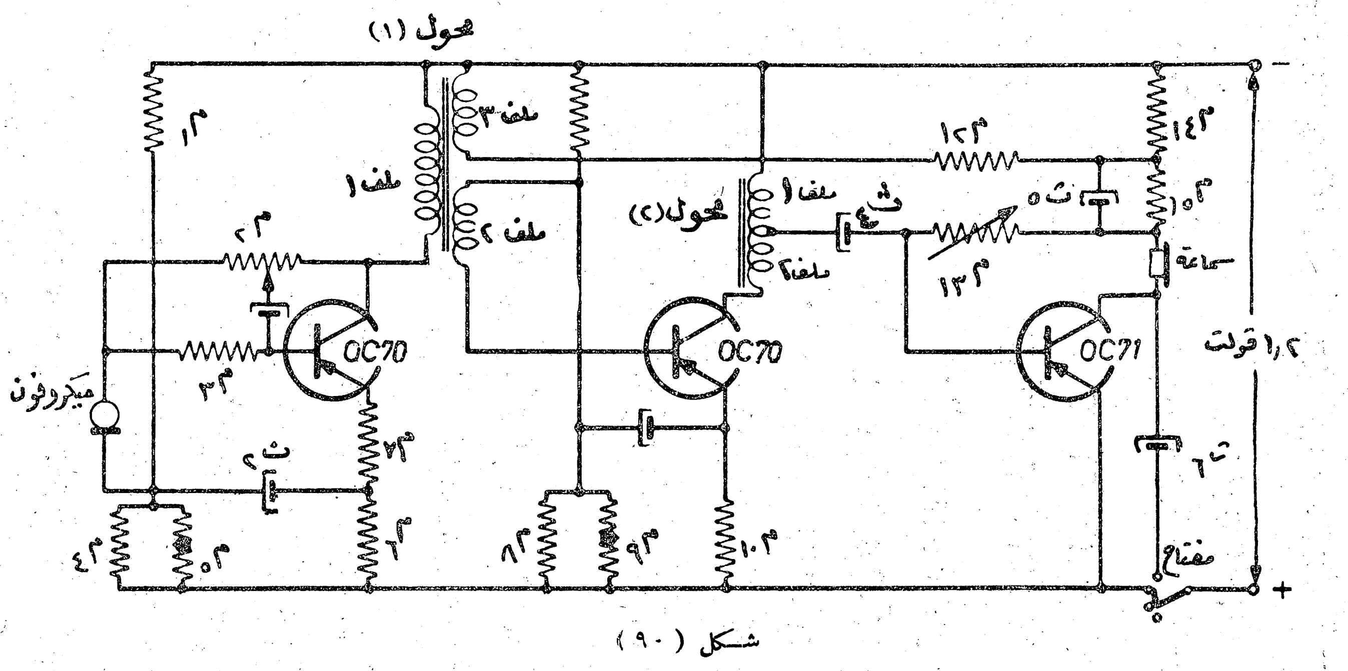
(ح) أحد طرفى المقاومة $م_{١١}$.

(د) أحـــد طرفى المقاومة — الملف الثانوى الثانى (٣) من المحول الأول .

(ه) أحد طرفى الملف الابتدائى (١) من المحول الأول .

(و) أحد طرفى المقاومة $م_{١}$.

٤ — يوصل الطرف الثانى من المفتاح بالقطب الموجب للمكثف $ث_{٦}$.



شكل (٩٠)

الرسم التوضيحي لدائرة جهاز مساعد للسمع ذى ثلاثة ترانزستورات والتكبير فيه باستخدام المحول

٥ — يوصل الطرف السالب من المكثف $ث_{٦}$ مع أحد طرفى السماعة بالطرف المجمع للترانزستور الثالث OC 71 .

٦ — يوصل الطرف الآخر للسماعة بكل من :

(ا) أحد طرفى المقاومة $م_{١٥}$.

(ب) أحد طرفى المقاومة المتغيرة $م_{١٣}$.

(حـ) الطرف الموجب للمكثف $ث_{٥}$.

٧ — توصل قاعدة الترانزستور الثالث OC 71 بكل من :

(ا) الطرف المتحرك والطرف الخالص الآخر من المقاومة المتغيرة $م_{١٣}$.

(ب) الطرف الموجب للمكثف $ث_{٤}$.

٨ — يوصل الطرف السالب للمكثف $ث_{٥}$ بكل من :

(ا) الطرف الثانى من المقاومة $م_{١٤}$.

(ب) الطرف الثانى من المقاومة $م_{١٥}$.

(حـ) أحد طرفى المقاومة $م_{١٢}$.

٩ — يوصل الطرف الآخر من المقاومة $م_{١٢}$ بالطرف الآخر من الملف الثانوى الثانى (٣) للمحول الأول .

١٠ — يوصل الطرف السالب للمكثف $ث_{٤}$ بالوصلة الوسطى للملفين (١ ، ٢) من المحول الثانى .

١١ — يوصل الطرف الخالص من الملف (٢) للمحول الثانى بالطرف المجمع للترانزستور الثانى OC70 .

١٢ — يوصل الطرف الباعث للترانزستور الثانى OC 70 بكل من :

(ا) الطرف الموجب للمكثف $ث_٣$.

(ب) الطرف الثانى من المقاومة $م_{١٠}$.

١٣ — يوصل الطرف السالب من المكثف $ث_٣$ بكل من :

(ا) الطرف الثانى من المقاومة $م_٩$.

(ب) الطرف الثانى من المقاومة $م_٨$.

(ح) الطرف الثانى من المقاومة $م'_{١١}$.

(د) أحد طرفى الملف الثانوى الأول (٢) من المحول الأول .

١٤ — يوصل الطرف الثانى من الملف الثانوى الأول (٢) من المحول الأول بقاعدة الترانزستور الثانى OC 70 .

١٥ — يوصل الطرف المجمع للترانزستور الأول OC 70 بكل من :

(ا) الطرف الثانى من الملف الابتدائى للمحول الأول .

(ب) أحد طرفى المقاومة المتغيرة $م_٢$.

١٦ — يوصل الطرف الثابت الآخر من المقاومة المتغيرة $م_٢$ بكل من :

(ا) أحد طرفى المقاومة $م_٣$.

(ب) أحد طرفى الميكروفون .

١٧ — يوصل الطرف المتحرك من المقاومة المتغيرة $م_٢$ بالطرف السالب من المكثف $ث_١$.

١٨ — يوصل الطرف الموجب للمكثف $ث_١$ بكل من :

(ا) قاعدة الترانزستور الأول .

(ب) الطرف الثانى من المقاومة $م_٣$.

١٩ — يوصل الطرف الباعث للترانزستور الأول OC70 بأحد طرفى المقاومة $م_٧$.

٢٠ — يوصل الطرف الآخر من المقاومة $م_٧$ بكل من :

(ا) الطرف الموجب للمكثف $ث_٢$.

(ب) « الآخر من المقاومة $م_٦$.

٢١ — يوصل الطرف السالب للمكثف $ث_٢$ بكل من :

(ا) الطرف الثانى من المقاومة $م_١$.

(ب) « « « « $م_٤$.

(ح) « « « « $م_٤$.

(د) « « « الميكروفون .

ويمكن توصيل هذه الأجزاء بعد تثبيتها على لوحة صغيرة من البلاستيك أو القيبر أو الورق المقوى ثم يوضع الجهاز مع العمود الكهربى داخل علبة مناسبة الحجم من البلاستيك ولن تزيد أبعاد الجهاز بعد تمام تركيبه عن ١٠ × ٧ × ٣ سم ويقوم الجهاز باستهلاك ٤,٦ مللى أمبير وهى كمية ضئيلة جداً من التيار بحيث يمكن للعمود الجاف أن يستمر فى عمله فى الجهاز مدة تقرب من ٤ شهور دون أن يعتريه أى ضعف فى شدته .

الأسس النظرية التى توضح عمل الجهاز :

يتم التكبير فى هذا الجهاز بتوصيل مراحله المختلفة بمحول مناسب ، وفى هذا الجهاز توجد ثلاث مراحل للتكبير ، وذلك باستخدام المحول الأول لربط المرحلة الأولى بالمرحلة الثانية ، واستخدام المحول الثانى فى ربط المرحلة الثانية بالمرحلة الأخيرة . وبالرغم من أن استخدام المحولات فى هذا الجهاز يؤدى

إلى نقص قوة التحصيل الكلية ، إلا أن هذه المحولات تعمل على أن يظل الجهاز شديد الحساسية مع استخدام جهد منخفض (١,٢ فولت) .

وبالنسبة للمحول الذاتى الثانى المستخدم لربط مرحلة الدفع بمرحلة الخروج فقد وجد أنه يعطى نتائج أحسن بكثير من ناحية الصوت وقوة تحصيل أكبر منها عند استخدام ملفين منفصلين فى المحول .

ونظراً لحساسية الترانزستورات المستخدمة فى هذا الجهاز بالنسبة للتغيرات الفجائية التى تحدث فى درجات الحرارة الخارجية فقد وصلت كل من مرحلتى الدخول والدفع بمنظم حرارى (ثرميستور أو مقاومة ذات معامل حرارى سالب) . وقد سبق أن عرفنا كيف يقوم هذا الجزء بعمله فى الجهاز السابق .

وقد استغلت ظاهرة إعادة التغذية السابقة * . فى كل مراحل الجهاز الثلاث الدخول والدفع والخروج . وبالرغم من أن هذه العملية تساعد على تثبيت قوة التحصيل الناتجة من جميع مراحل الجهاز إلا أن هذا التحصيل يتغير تغيراً صغيراً بتغيرات درجة الحرارة وجهد العمود الكهربى والاختلافات فى خصائص الترانزستور ومقاومة أجزائه المختلفة بعد صناعته .

وتبلغ شدة التيار المار خلال الطرف الباعث للترانزستور الأول ٥, مللى أمبير . وللترانزستور الثانى ٣٥, مللى أمبير . وقد رتبت المقاومات فى

---

* تتم إعادة التغذية بأخذ جزء من التيار الخارج من الترانزستور وإرجاعه إلى دائرة الدخول لنفس الترانزستور فإذا كان الفرق فى الطور بين جهد التيار المعاد إلى القاعدة وجهد التيار الأصلى الداخل إلى القاعدة نصف موجه سميت إعادة التغذية سالبة Degenerative, Negative Feedback . أما إذا كانا متفقين فى الطور سميت إعادة التغذية موجبة Regenerative, Positive Feedback وفى إعادة التغذية السالبة يعمل الجهد المعاد إلى قاعدة الترانزستور على مقاومة الجهد الأصلى للاشارة الداخلة إليها وبذلك يقل الفرق فى الجهد بين القاعدة والطرف الباعث مما يؤدى إلى إمكان زيادة جهد الإشارة الداخلة بدرجة كبيرة دون حدوث تلف لأجزاء الترانزستور . وتصبح حساسية الترانزستور ثابتة لجميع التيارات ذات الترددات المختلفة التى يعمل عندها هذا الترانزستور .

الدائرة فى هاتين المرحلتين حتى يمكن الحصول على القيم السابقة لشدة التيار فى كل من الترانزستورين وتقوم كل من المقاومتين ذات المعامل الحرارى السالب بمعادلة تأثير التغيرات فى درجة الحرارة الخارجية على الجهد بين الطرف الباعث والطرف المجمع لكل من الترانزستورين .

وتصل شدة التيار الذى يخرج من الترانزستور الأخير OC 71 الموصل فى مرحلة الخروج إلى ٣ مللى أمبير ، ويمكن تغيير هذه القيمة باستخدام مقاومة متغيرة تتراوح بين ٨٠٠٠ ، ٣٠٠٠٠ أوم . وقد استعملت مقاومة أخرى فى هذه المرحلة م١٥ لضبط قدرة التيار الذى يخرج من الترانزستور الأخير ليلائم السماعة المستخدمة مع هذا الجهاز . ويمكن تغيير قيمة هذه المقاومة الثابتة من صفر إلى ١٢٠ إلى ٣٩٠ إلى ١٠٠٠ أوم عندما يراد إخراج قدرة كهربية تبلغ ١,٢ ، ٢,٥ ، ٠,٥ مللى واط على الترتيب . وتوصل هذه المقاومة م١٥ بين طرف المقاومة المتغيرة والمقاومة م١٤ وبذلك تظل قدرة التيار الخارج ثابتة مهما تغيرت قيمة م١٥

وتصل ممانعة سماعة الأذان اللازمة لهذا الجهاز إلى ٢٧٠ أوم عند ما يبلغ تردد التيار المار فيها ١٠٠٠ ذبذبة فى الثانية . وهذه القيمة مناسبة للقدرة التى تخرج من الجهاز ، ويمكن تعديل حساسية الجهاز للتردد بواسطة المكثف الموصل بدائرة الطرف المجمع للترانزستور الأخير OC71 . ويمكن وضع ضابط للنغم فى مكان هذا المكثف .

ويستخدم لضبط الصوت من حيث علوه وانخفاضه مقاومة متغيرة تتراوح قيمتها بين ٣٠٠٠٠٠ ، ٥٠٠٠٠٠ أوم . ووجود هذه المقاومة المتغيرة فى طريق دخول التيار من الميكروفون المغناطيسى يقلل من التشويش والأصوات غير المرغوبة التى تنتج من اقتراب مصدر الصوت من الميكروفون أو علو الصوت الذى يصدر بجانبه .

وبذلك نستغنى تماما عن توصيل الميكروفون بمرحلة الدخول خلال محول رافع للجهد مثل المحول الذى يستخدم مع كل الميكروفونات المغناطيسية التى تستعمل مع أجهزة التكبير ذات الصمامات الالكترونية .

وبفضل المقاومة الثابتة م٣ الموصلة بين أحد طرفى الميكروفون وقاعدة الترانزستور الأول يصبح الجهاز حساسا بالنسبة للأصوات ذات التردد العالى .



أجهزة الإرسال

جهاز إرسال بللورى به ترانزستور واحد

يمكن لهذا الجهاز إرسال موجات لاسلكية معدلة تحمل الأصوات إلى أجهزة استقبال بعيدة . ويبلغ مجال عمل هذا الجهاز حوالى ٣٠ — ٦٠ مترا ويمكن زيادة هذا المدى بإضافة مرحلة أو مرحلتين من مراحل التكبير . ويشتغل هذا الجهاز ببطارية قوتها الدافعة الكهربية ٣ فولت فقط . ويحتوى الجهاز على ترانزستور واحد يستعمل كمكبر فى دائرة تردد عال .

الأدوات اللازمة للجهاز وأثمانها وأماكن الحصول عليها :

١ — قطعة من الألومنيوم سمكها $\frac{1}{16}$ من البوصة وطولها ٤ بوصات وعرضها بوصتان ويبلغ ثمنها ٥ قروش وتوجد فى محلات بيع الأدوات الحديدية .

٢ — قطعة أخرى من الألومنيوم سمكها $\frac{1}{16}$ من البوصة وطولها بوصتان وعرضها بوصة وثمنها قرشان .

٣ — عمودان جافان القوة الدافعة لكل منهما ١$\frac{1}{2}$ فولت وثمنهما ٥ قروش .

٤ — ستة مسامير (قلاووظ مع صواميلها) وثمنها قرشان .

٥ — قطعة من الفيبر مثبت فيها ثلاث نقط توصيل وثمنها قرشان .

٦ — فيش وبريزة توصيل وثمنهما عشرة قروش .

٧ — مفتاح وثمنه ١٢ قرشا .

٨ — محول خروج وثمنه ٢٥ قرشا .

٩ — ملف ذو قلب حديدى من الملفات المستخدمة فى دوائر الاستقبال للموجة المتوسطة .

١٠ — ترانزستور من الأنواع المستخدمة للتردد العالى .

ويمكن استخدام أحد الترانزستورات الآتية : —

(ا) ترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة السالبة الموجبة السالبة 2N 233 .

(ب) ترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة السالبة الموجبة السالبة 2N 170 .

(جـ) ترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة OC 71 .

(د) ترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة OC 70 .

ويجب مراعاة عكس توصيل البطارية المبينة بالرسم عند استعمال ترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة ، إذ أن الرسم مصمم على استخدام ترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة السالبة الموجبة السالبة . وثمن الترانزستور يتراوح بين ١٧٧ ، ٢١٠ قروش .

١١ — مكثفان $ث_١$ ، $ث_٢$ ثابتى السعة كل منهما ٧٥ بيكوفاراد (قرص أو اسطوانة) معزول بالصينى وثمنه ٣ قروش .

١٢ — مكثف ثابت السعة $ث_٣$ سعته ٠٠١, ميكروفاراد (قرص معزول بالصينى) وثمنه ٣ قروش .

١٣ — مكثف ثابت السعة $ث_٤$ سعته ٠٢, ميكروفاراد (قرص معزول بالصينى) وثمنه ٤ قروش .

١٤ — مقاومة ثابتة $م_١$ مقدارها ٥٠٠٠ أوم ($\frac{١}{٢}$ واط) وثمنها $١\frac{١}{٢}$ قرشا

١٥ — مقاومة ثابتة $م_٢$ مقدارها ١٠٠٠٠ أوم ($\frac{١}{٢}$ واط) وثمنها $١\frac{١}{٢}$ قرشا .

١٦ — مقاومة ثابتة م٣ ومقدارها ١١٠٠٠ أوم (½ واط) وثمنها ١½ قرشا .

١٧ — كرة مجوفة من البلاستك ويمكن الحصول عليها من شركة البلاستك الأهلية وقطرها ٦ بوصات وثمنها ٢٥ قرشا .

١٨ — أربع إبر تريكو من النوع المصنوع من الألومنيوم وطول كل منها ٧ بوصات وقطرها ١/١٦ بوصة وثمن الواحدة قرشان .

١٩ — ميكروفون حيبي وثمنه ١٥ قرشا ويباع فى أماكن بيع مخلفات الجيش ويستحسن استخدام النـــوع الذى يوجد داخل غلاف أسود من البكاليت وبه ضاغط يضغط عليه عند استعمال الميكرفون بتوصيله بالدائرة الكهربية .

طريقة توصيل الدائرة الكهربية للجهاز وما يجب مراعاته لذلك :

الدائرة المستخدمة فى هذا الجهاز بسيطة ، وشكل (٩١) يوضح طريقة توصيل الأجزاء المختلفة للجهاز وأماكن هذه الأجزاء بالنسبة لبعضها .

أما توصيل الأجزاء فهو كالآتى : —

١ — تعد القاعدة المعدنية بالطريقة والأبعاد المبينة بالرسم شكل (٩٢) ا ، ب .

٢ — يوصل أحد طرفى الميكرفون بأحد طرفى الملف الثانوى لمحول الخروج (ذى المقاومة الصغيرة) .

٣ — يوصل الطرف الآخر للميكروفون بالقاعدة المعدنية .

٤ — يوصل الطرف الآخر للملف الثانوى لمحول الخروج بأحد طرفى الملف الابتدائى للمحول (ذى المقاومة الكبيرة) مع الأطراف الآتية : —

(ا) القطب الموجب للبطارية .

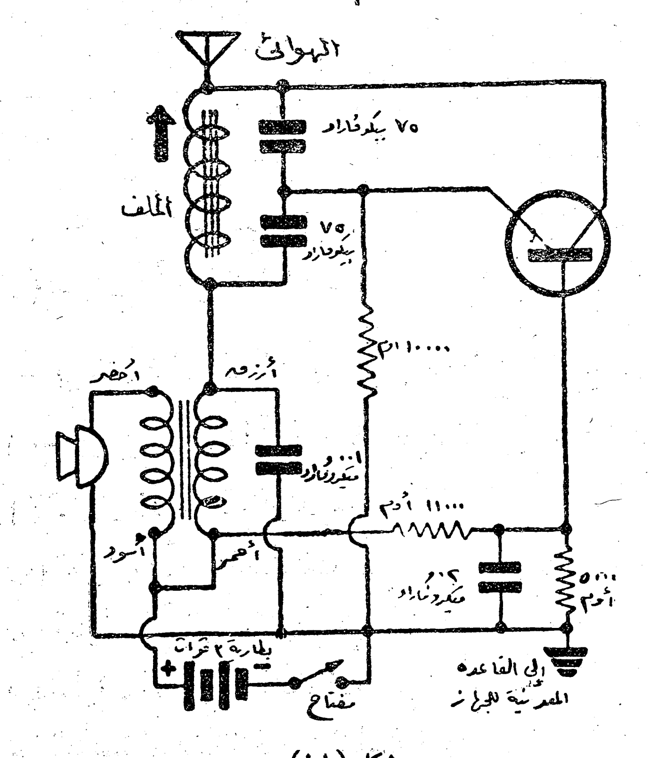
(ب) أحد طرفى المقاومة الثابتة ١١٠٠٠ أوم ($م_٣$) ،

٥ — يوصل الطرف الآخر للملف الابتدائى لمحول الخروج بكل مما يأتى : —

(ا) أحد طرفى ملف التوليف .

(ب) أحد طرفى المكثف $ث_٢$

(ج) أحد طرفى المكثف $ث_٣$



شكل (٩١)

طريقة توصيل الأجزاء المختلفة لجهاز الإرسال وأماكن هذه الأجزاء بالنسبة لبعضها

$ث_١$ المكثف العلوى ٧٥ بيكوفاراد ، $ث_٢$ المكثف السفلى ٧٥ بيكوفاراد

$ث_٣$ = ٠٠١, ميكروفاراد ، $ث_٤$ = ٠٢, ميكروفاراد .

٦ — يوصل الطرف الآخر لملف التوليف بكل من :

(ا) سلك الهوائى .

(ب) أحد طرفى المكثف $ث_١$.

(ج) الطرف المجمع للترانزستور .

٧ — يوصل الطرف الباعث للترانزستور بكل من :

(ا) الطرف الآخر من المكثف $ث_١$

(ب) الطرف الآخر من المكثف $ث_٢$

(ج) أحد طرفى المقاومة $م_٢$

٨ — توصيل قاعدة الترانزستور بكل من :

(ا) أحد طرفى المقاومة $م_١$

(ب) أحد طرفى المكثف $ث_٤$

(ج) الطرف الآخر من المقاومة $م_٣$

٩ — يوصل القطب السالب للبطارية بأحد طرفى المفتاح .

١٠ — يوصل الطرف الآخر للمفتاح بكل من : —

(ا) الطرف الآخر للمقاومة $م_١$

(ب) الطرف الآخر للمكثف $ث_٤$

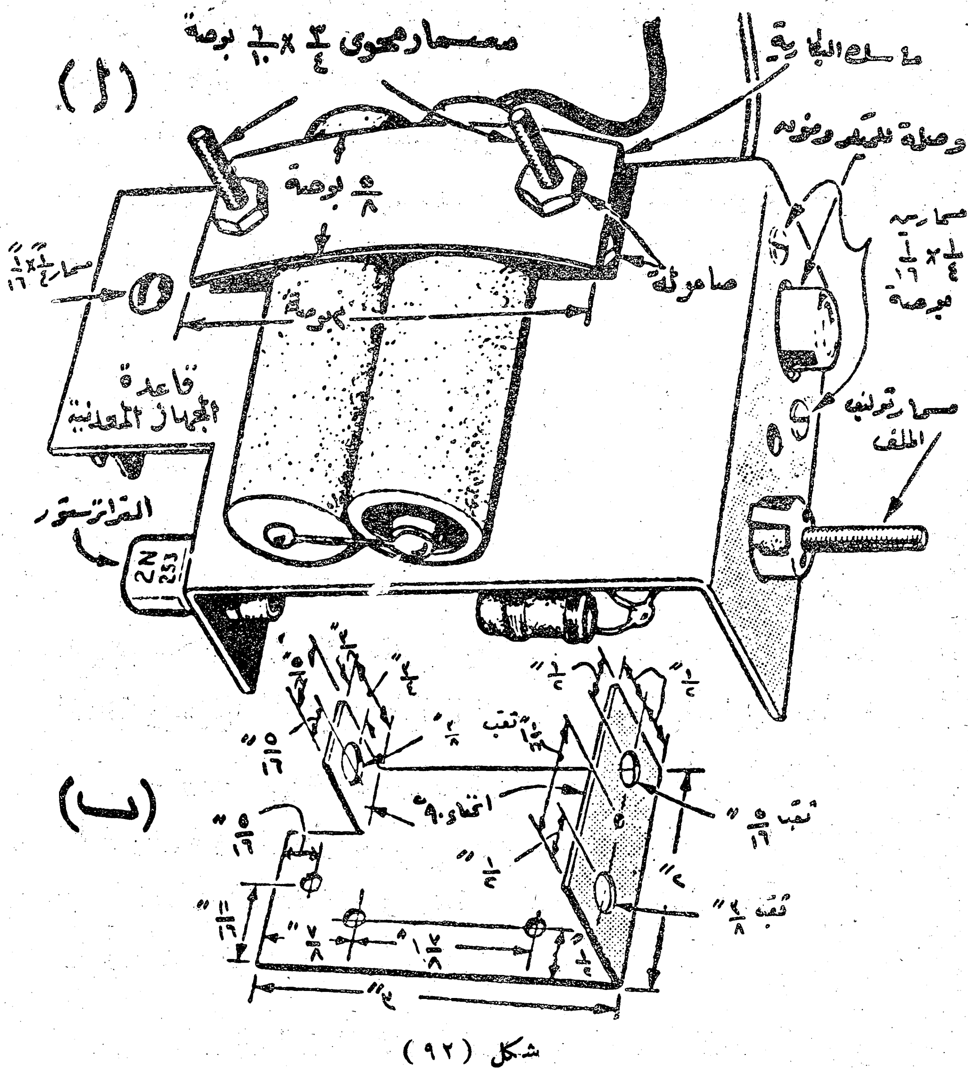
(ج) الطرف الآخر للمقاومة $م_٢$

(د) الطرف الآخر من المكثف $ث_٣$

(ه) القاعدة المعدنية للجهاز (الشاسية) .

ويلاحظ ما يلى :

١ — هذه الدائرة شكل (٩١) تمثل كيفية استخدام الترنزستور لإحداث الاهتزاز بحيث ينتج موجات لإرسالها خلال الهوائى وتحمل بالموجات



شكل (٩٢)
طريقة إعداد القاعدة المعدنية للجهاز وأبعادها

الصوتية بالتوصيلة المبينة بالرسم وذلك بإدخال الملف ذى المقاومة الكبيرة لمحول من محولات الخروج على التوالى مع طرفى الملف المهتز الموصل بالبطارية ، أما الملف الآخر للمحول وهو ذو المقاومة الصغيرة فيوصل بميكرفون حبيبى كالمستخدم فى أجهزة التليفون . ويمر فى هذا الميكرفون تيار كهربى من نفس البطارية التى تغذى جهاز الإرسال كله بالتيار الكهربى

وسبب استخدام ميكروفون حبيبي كربونى هو أن التيار الذى يخرج منه كبير جدا وذو جهد عالٍ يعادل مئات المرات قدر التيار والجهد الخارجين من الميكروفونات البللورية أو المغناطيسية التى لا يصلح استخدامها إطلاقا فى هـــذه الدوائر لأسباب عديدة ليس أقلها شأناً سهولة الحصول على الميكروفونات الحبيبية ورخص ثمنهـا بالنسبة للأنواع الآخرى من الميكروفونات .

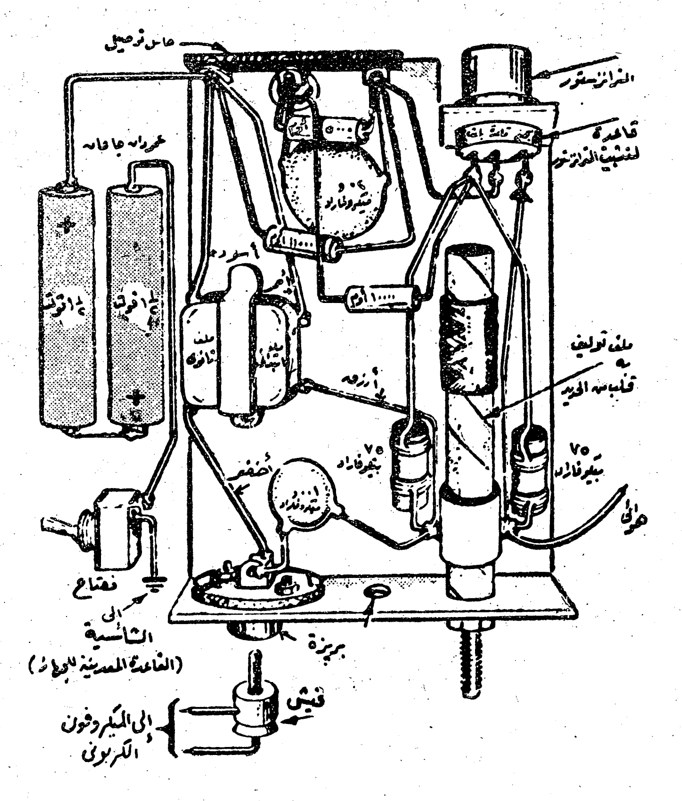
٢ ـــ القاعدة اللازمة لتثبت فيها أجزاء هذه الدائرة عبارة عن قطعة من الألومنيوم صغيرة على شـــكل زاوية لتثبيت بعض أجزاء الجهاز ، شكل (٩٣) .

٣ ـــ هناك قطعة من الفيبر بها ثلاث نقط للتوصيل بقاعدة الجهاز المعدنية خلال النقطة المتوسطة فيها وبذلك تصبح هذه النقطة متصلة بالقاعدة المعدنية ويمكن فيها لحام جميع الأطراف التى سبق ذكرها والتى تتصل بهذه القاعدة .

٤ ـــ توجد على غلاف الترانزستور نقطة حمراء بجانب أحد أطرافه الثلاثة وهى تشير إلى الطرف المجمع . ويلاحظ أن المسافة بين سلك الطرف المجمع وسلك القاعدة تساوى ضعف المسافة بين سلك القاعدة وسلك الطرف الباعث .

٥ ـــ ملف التوليف المستخدم كمهتز من الأنواع المستخدمة فى أجهزة استقبال الموجات المتوسطة وله قلب حديدى يمكن بواسطته تغيير الموجات التى يصدرها هذا الملف بإدخاله فى الملف أو إخراجه منه باستخدام المسمار المحوى الذى يثبت فى أحد جانبى القاعدة المعدنية .

٦ ـــ يثبت فى الوجه العلوى من قاعدة الجهاز قطعة من الألومنيوم وطولها ٢ بوصة لتكون ماسكا للبطارية المكونة من عمودين جافين قوة كل منهما $1\frac{1}{2}$ فولت موصولين على التوالى .



شكل (٩٣)

الدائرة الكهربية لجهاز إرسال يحتوى على ترانزستور واحد يعمل ببطارية جافة قوتها الدافعة ٣ فولت

٧ — يوضع الجهاز كله بعد إتمام عملية توصيل أجزائه فى علبة كروية من البلاستيك قطرها حوالى ١٢ بوصة ويمكن الحصول عليها من مخازن الأدوية أو شركات بيع البلاستيك . وهى تقوم باحتواء جهاز الإرسال بداخلها وتمثل شكلا تقريبياً للقمر الصناعى . ويمكن استخدام كرة من البلاستيك أصغر من ذلك تثبت فى قاعدة معدنية بها ثقبان أحدهما يمر خلاله مسمار قرب الملف الذى يستعمل فى التوليف ويمر خلال الثقب الآخر السلك المتصل بالميكروفون ، ويثبت مفتاح توصيل البطارية بقاعدة الجهاز .

٨ — تستخدم إبر التريكو الأربع كهوائى للجهاز بعد تثبيتها فى كرة البلاستيك على أبعاد متساوية ويوصل طرف ملف الاهتزاز بها ويمكن استخدام سلك عادى طوله حوالى ٣ أقدام .

اختبار وتشغيل الجهاز :

يدار جهاز استقبال عادى ويحرك مؤشر مكثفه لكى يولف الجهاز على تردد قدره حوالى ١٦٠٠ كيلو سيكل مثلا بحيث لا تكون هناك محطات تقوم بالإذاعة عند هذه المنطقة من دائرة التوليف . ثم يشغل جهاز الإرسال ويحرك قلب الملف حتى نحصل على صفير ذى تردد عال فى جهاز الاستقبال .

ثم يدخل الميكروفون ضمن الدائرة الكهربية لجهاز الإرسال حتى نتأكد من أن هذه الإشارة صادرة عن جهاز الإرسال .

ويلاحظ أن جهاز الإرسال الذى وصف هنا يمكنه أن يعطى إشارات ذات تردد متوسط يبلغ طول موجاتها من ٢٠٠ إلى ٥٠٠ متر . وإذا كان القلب الحديدى خارج الملف تماما فإن الموجات اللاسلكية التى يرسلها هذا الجهاز يصل طولها إلى حوالى ٢٠٠ متر ، أما إذا أدخل القلب الحديدى فى ملف الاهتزاز فإن طول الموجة يكبر حتى يبلغ أقصاه وهو حوالى ٥٠٠ متر .

ويجب أن نقوم بإجراء بعض التجارب على جهاز الإرسال حتى نحصل على موجة أساسية يكون فيها الصوت المسموع خلال جهاز الإستقبال أقوى ما يمكن ، ويمكن ملاحظة أن هناك موجات أخرى إضافية توافقيه يمكن سماعها فى جهاز الاستقبال ولكنها أضعف من الموجات الرئيسية .

جهاز ارسال

يحتوى على ترانزستورين

هذا هو الجهاز الثانى من أجهزة الإرسال . وهو يحتوى على ترانزستورين من النوع الطافى Drift Transistor أحدهما يستخدم لتوليد التيارات ذات التردد العالى والآخر لتكبير هذه التيارات حتى يمكن تغذيتها فى مرحلة الخروج إلى ملف هوائى *

الأدوات والأجهزة اللازمة :

١ — بطارية ١٢ فولت .

٢ — أربع مكثفات ثابتة سعة كل منها ١٠٠٠ بيكوفاراد من النوع القرصى المعزول بالصينى ($ث_١$ ، $ث_٤$ ، $ث_٥$ ، $ث_٨$) .

٣ — مكثفين متغيرين (من النوع ذى الغلاف الصينى والعازل بين الصفائح من الميكا أو من الأنواع ذات الصفائح المتداخلة المصنوعة من الألوميوم $ث_٢$ ، $ث_٦$.) وسعة كل منهما ١٥ بيكو فاراد .

٤ — مكثف متغير سعته ٥٠ بيكوفاراد مصنوع من الألومنيوم وثمنه ١٥ قوشاً ($ث_٧$) .

٥ — وصله لمرسل مورس .

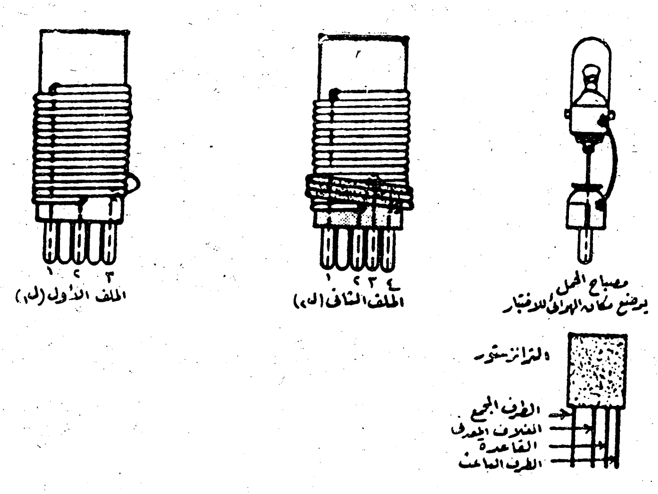
٦ — ملف ($ل_١$) شكل ١٩٤ .

---

* — قد جربت هذه الدائره بمعرفة . هيئة مجلة Popular Electronics وأمكن بواسطتها عمل اتصالات بين أقاليم الولايات المتحده الأمريكية وبينها وبين جزر هاواى .

يمكن صناعته من أسطوانة من الورق المقوى قطرها بوصة واحدة ويبدأ باللف عند أسفل الاسطوانة بحيث يدور السلك فى الاتجاه الذى يسير فيه عقرب الساعة (أى إلى اليمين) عند النظر إلى اتجاه دوران السلك من ناحية أعلى الاسطوانة والسلك المستخدم لهذا الملف من نوع السلك المفرد النحاسى المعزول بالبلاستيك رقم ٢٠ المستخدم فى توصيل المصابيح فى المنزل . وإذا أريد استخدام الجهاز للإرسال على الموجات القصيرة التى تتراوح أطوالها بين ١٠ ، ١١ متراً فتكون عدد لفات هذا الملف ١١ لفة وتصنع وصلة عند ثلاثة أرباع اللفة الأولى من أسفل .

أما إذا أريد استخدام الجهاز للإرسال على الموجات القصيرة التى تتراوح أطوالها بين ١٥ ، ١٦ متراً فيكون عدد لفات هذا الملف ١٥ لفة من نفس السلك وتصنع وصله بعد ٣ ¾ لفة من أسفل .



شكل (٩٤)

ا — الملف الأول ل١ .

ب — الملف الثانى ل٢ .

ج — مصباح يمكن توصيله مكان الهوائى لأثبات صدور موجات لاسلكية من الجهاز .

د — تفصيل أطراف كل من الترانزستورين .

٧ — الملف الثانى ($ل_٢$) شكل ٩٤ ب .

ويمكن صناعته كالسابق تماما ويختلف عنه فى عدد اللفات كما يلى : فى حالة استخدام الجهاز للإرسال على الموجات بين ١٠ ، و١١ متراً تكون عدد لفات الملف ١٠ لفات من نفس السلك ثم تعمل وصله ويلف فوق الجزء الأسفل من هذه اللفات $\frac{٣}{٤}$ ٣ لفة أخرى . أما فى حالة استخدام الجهاز للإرسال على الموجه ١٥ متراً فيكون عدد اللفات الأولى ١٥ لفة وعدد الثانية $\frac{٣}{٤}$ ٤ لفة .

٨ — مجموعة من المقاومات الثابتة :

$م_١$ = ١٨٠ أوم ، $م_٢$ = ٣٣٠٠ أوم ، $م_٣$ = ١٠٠٠٠ أوم ، $م_٤$ = ٤٧٠٠٠ أوم .

٩ — مفتاح للتوصيل من النوع ذى القطب المفرد والقفزة الواحدة .

١٠ — ترانزستور من النوع الطافى 2 N 370 شكل ٩٤ ى

١١ — » » » » » 2 N 371 » ٩٤ ى

١٢ — بللورة من الكوارتز تستخدم للتردد العالى وقدره ٧ ميجاسيكل عند ما يراد استخدام الجهاز الإرسال على الموجة القصيرة التى طولها ١٥ متراً ويمكن الحصول عليها من محلات بيع مخلفات الجيش بمبلغ ٣٠ قرشاً .

١٣ — بعض الأدوات الإضافية اللازمة لتثبيت الجهاز :

(ا) قاعدة لتثبيت البللورة .

(ب) قاعدة معدنية للجهاز ٣ × ٤ × ٦ من البوصات وتصنع عادة من الألومنيوم الرقيق وسمكه $\frac{١}{٣٢}$ من البوصة .

(ح) قواعد لتثبيت الترانزستورين فى قاعدة الجهاز المعدنية .

(د) قواعد للصمامات يمكن تثبيت الملفات بها ولحام أطرافها فيها .

(هـ) ماسك معدنى لقطبى البطارية .

(ز) مصباح متالق صغير كالمستخدم فى بطاريات الجيب شكل (٩٤ حـ).

(ح) قاعدة مناسبة لتوصيل الهوائى .

(ط) مسامير محواة بصواميلها تناسب الأجزاء المختلفة للجهاز .

كيفية توصيل الدائرة الكهربية :

الدائرة مبينة بالرسم شكل (٩٥)

١ — يوصل أحد طرفى البللورة بكل من :

(ا) أحد طرفى المقاومة ($م_{١}$) ١٠٠٠٠ أوم .

(ب) » » » ($م_{٢}$) ٤٧٠٠٠ أوم .

(حـ) قاعدة الترانزستور الأول .

٢ — يوصل الطرف الآخر للبللورة بكل من :

(ا) الطرف المجمع للترانزستور الأول .

(ب) أحد طرفى المكثف المتغير ($ث_{٢}$) .

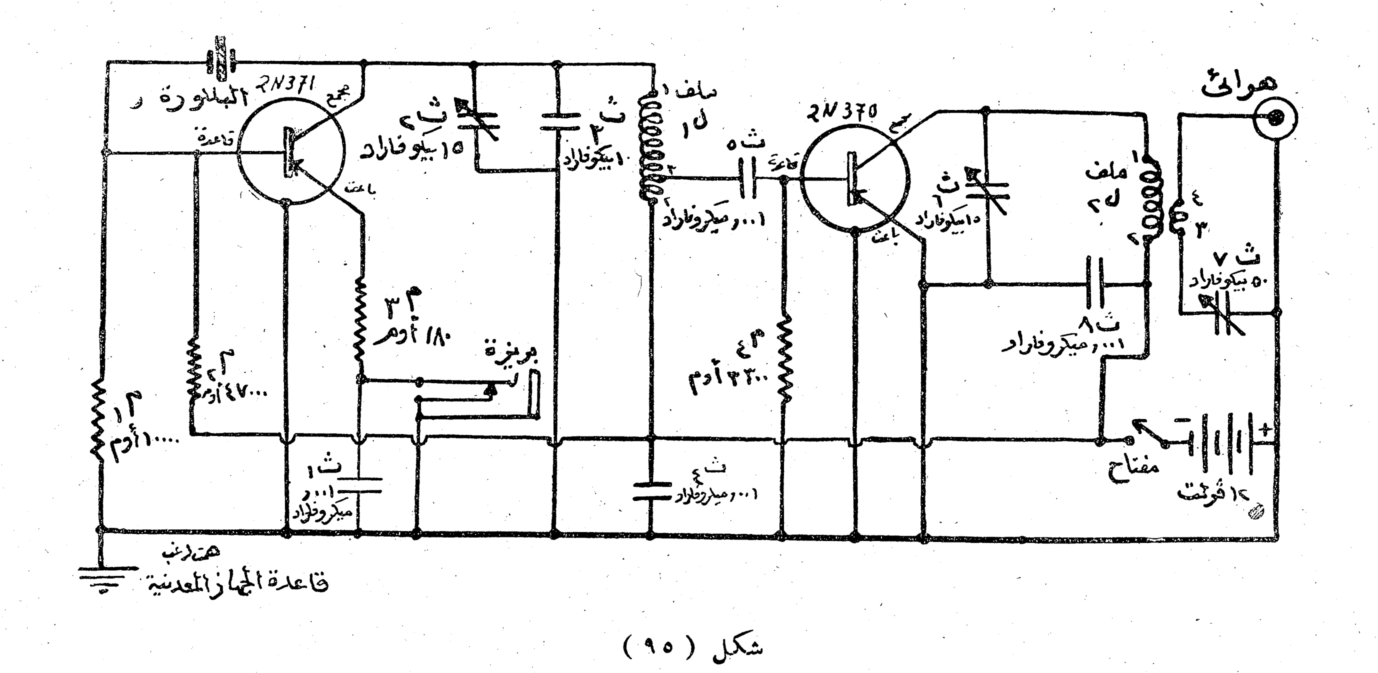
(حـ) » » » الثابت ($ث_{٣}$) .

(د) الطرف العلوى من الملف الأول .

٣ — يوصل الطرف الباعث للترانزستور الأول 2 N 371 بكل من :

(ا) أحد طرفى المقاومة الثابتة ($م_{٣}$) ١٨٠ أوم .

(ب) أحد طرفى المكثف الثابت ($ث_{١}$) ٠٫٠٠١ ميكروفاراد .



شكل (٩٥)

الدائرة الكهربية لجهاز الارسال الذى يحتوى على ترانزستورين من النوع الطاقى

٤ — يوصل القطب السالب للبطارية بكل من :

(ا) الطرف السفلى للملف الأول .

(ب) » » » الثانى .

(ج) » الثانى من المقاومة (م$_{٢}$) ٤٧٠٠٠ أوم .

(د) أحدى طرفى المكثف الثابت (ث$_{٤}$) ٠,٠٠١ ميكروفاراد .

(ه) » » » » (ث$_{٨}$) ٠,٠٠١ ميكروفاراد

٥ — يوصل القطب الموجب للبطارية بكل مما يأتى : —

(ا) أحد طرفى المكثف المتغير (ث$_{٧}$) ٥٠ بيكوفاراد .

(ب) أحد طرفى قاعدة توصيل الهوائى .

(ج) الطرف الثانى من المقاومة الثابته (م$_{٣}$) ١٨٠ أوم .

(د) » » » المكثف الثابت (ث$_{١}$) ٠,٠٠١ ميكروفاراد .

(ه) » » » » المتغير (ث$_{٢}$) ١٥ بيكوفاراد .

(و) » » » » الثابت (ث$_{٣}$) ١٠ بيكوفاراد .

(ز) الغلاف المعدنى الخارجى للترانزستور الأول .

(ح) » » » » الثانى .

(ط) أحد طرفى المقاومة الثابتة (م$_{٤}$) ٣٢٠٠ أوم

(ى) الطرف الباعث للترانزستور الثانى .

(ك) أحدى طرفى المكثف المتغير الثانى (ث$_{٦}$) ١٥ بيكوفاراد .

(ل) الطرف الثانى من المكثف (ث$_{٨}$) ٠,٠٠١ ميكروفاراد .

(م) الطرف الثانى من المقاومة الثابتة (م$_{١٢}$) ١٠٠٠٠ أوم .

(ن) » » المكثف الثابت (ث$_{٤}$) ٠,٠٠١ ميكروفاراد.

(س) القاعدة المعدنية للجهاز .

٦ — يوصل الطرف الثانى من المكثف المتغير (ث٧) بالطرف العلوى من آخر اللفات التى تعلوا اللفات الأولى فى الملف الثانى .

٧ — يوصل الطرف السفلى من هذه اللفات الأخيرة المذكورة فى ٦ بالطرف الثانى من قاعدة توصيل الهوائى .

٨ — يوصل الطرف السفلى من اللفات الأولى الكبيرة العدد فى الملف الثانى بكل من :

(ا) الطرف الثانى من المكثف المتغير (ث٦) .

(ب) الطرف المجمع للترانزستور الثانى .

٩ — توصل قاعدة الترانزستور الثانى 2N 370 بكل من .

(ا) أحد طرفى المكثف الثابت (ث٥)

(ب) الطرف الثانى من المقاومة (م٤) .

١٠ — يوصل الطرف الثانى من المكثف الثابت (ث٥) بالوصلة الوسطى للملف الأول .

نظرية عمل الجهاز :

يستخدم الترانزستور الأول 2N 371 وهو من النوع الطافى فى مرحلة اهتزاز وتقوم المجموعة المكونة من المقاومتين م١ ، م٢ بخفض جهد البطارية إلى الجهد الأصلى اللازم لأجزاء الترانزستور حتى يقوم بعمله خير قيام وينتج عن توصيلها أيضاً أن تكون شدة التيار المار فى أجزاء الترانزستور ثابتة .

وتقوم المقاومة (م٣) بتثبيت شدة التيار وإعطاء الجهد اللازم للطرف الباعث من الترانزستور الأول . وقد شرحنا فيما سبق عند الكلام عن نظرية

عمل الترانزستور كيف يقوم بالاهتزاز . وينتج من الترانزستور الأول في دائرة خروجه تيار ذو تردد عال يمكن تثبيت تردده باستخدام البللورة المصنوعة من الكوارتز التي تهتز وفقا للتيار المتردد الذي يمر بها ولا يخرج منها سوى التيار الذي يتفق في تردده مع هذه البللورة . وتوصل البللورة في مرحلة خروج الترانزستور الأول أي بين الطرفين الباعث والمجمع له . ويلاحظ أن التيار ذا التردد العالي الخارج من البللورة تعاد تغذيته مرة ثانيه إلى الطرف الباعث خلال البللورة فيرجع مكبرا عددا من المرات عن مقداه الأصلي . وبذلك تظل مرحلة الاهتزاز في عمل مستمر دون انقطاع نتيجة لعملية إعادة التغذية التي وصفناها .

ويمر هذا التيار المتردد الناتج في الدائرة المكونة من الملف ل$_{1}$ والمكثف المتغير (ث$_{2}$) والثابت (ث$_{3}$) والتي تكون دائرة رنين موصلة على التوازي فيمر هذا التيار وتكون شدته قد كبرت نظرا لأن رد فعل الملف لهذا التيار المتردد يمحو أثر رد فعل المكثف لتساوي مقادري رد الفعل وتضادهما في الاتجاه فيكون التيار المار في الدائرة متأثراً بمقاومة كل من الملف والمكثفين فقط وبذلك يكون أكبر ما يمكن .

ويعمل الملف ل$_{1}$ كمحول ذاتي يخفض الجهد ويزيد من شدة التيار الخارج منه خـــلال الجزء الصغير من الملف ($\frac{٣}{٤}$ لفه) حيث تنتقل هذه الطاقة اللاسلكية إلى دائرة الدخول في مرحلة التكبير وهي التي يستخدم فيها الترانزستور الثاني وهو من النوع الطافي أيضاً . ولا يلزم توصيل جهود أصلية من التيار المستمر لهذه المرحلة ولو أن التيار ذا التردد العالي عندما يمر في القاعدة يعمل على سحب جزء من التيار من البطارية خلال المقاومة المتصلة بهـــا (م$_{4}$) ومقدارها ٣٣٠٠ أوم عندما يعكس إتجاهه ويصبح جهده سالباً .

ويخرج التيار ذا التردد العالى الذى دخل الترانزستور الثانى مكبرا عددا من المرات ويخرج إلى الملف ل٣ المكون لدائرة خروج الترانزستور الثانى حيث يمكنه أن ينقل الطاقة الكهربية اللاسلكية إلى هوائى الجهاز فيشع موجات لاسلكية .

ويقوم الملف ل٣ بعمل المحول الخافض للجهد فترتفع شدة التيار خلال الملف الثانى لهذا المحول (ذى العدد القليل من اللفات) بحيث يمر فى الهوائى تيار شدته كبيرة يمكنه من أشعاع الموجات اللاسلكية .



أجهزة ذات أغراض مختلفة

جهاز اتصال متنقل بترانزستورين

بتقدم صناعة الترانزستور ، أصبح فى الإمكان تصميم أجهزة عملية تدخل فى مختلف شئون حياتنا مبنية على استعماله مما يسهل على كافة الناس كثيراً من المتاعب والجهد مما يبذلونه فى هذه الحياة ، ويزيد كذلك من الترفيه عنهم وتسليتهم . والجهاز الذى سيأتى وصفه ويمكن أن يستخدم فى التسلية وفى العمل . ويعتبر تصميمه وتركيبه واستعماله من الأوجه التى غزا فيها الترانزستور الأجهزة الالكترونية . ويستخدم فى الجهاز أنواع شائعة من الترانزستورات وهى من نوع CK 722 أو OC 71 . ويعتبر الجهاز قلبا لشبكة إتصال يمكن استخدامها فى المصانع والطائرات والأماكن المزدحمة التى تكون فيها الأصوات مرتفعة بحيث تطغى على الأصوات العادية . وفوق ذلك فإنه يمكن استخدامه فى المدارس لإتمام الإتصال الشخصى بين ناظر المدرسة ووكيلها ومدرسيها الأوائل ومدرسيها .

ويمكن استخدامه فى المستشفيات لإتمام الإتصال بين الأطباء والممرضين أو بينهم وبين المرضى . وذلك دون الحاجة إلى انتقال الأشخاص توفيراً للجهد وتوفيراً للوقت واستكمالا لأسباب الرفاهية بالإضافة إلى ضآلة الاستهلاك الكهربى وصغر حجم الجهاز .

الأدوات اللازمة للجهاز وأثمانها وأماكن الحصول عليها :

أولا — المقاومات : وكلها ماعدا واحدة قدرتها ($\frac{1}{2}$ واط) وثمن الواحدة ١,٥ قرش .

١ — مقاومة متغيرة (م١) = ١٠٠٠٠ أوم وثمنها ١٥ قرش .

٢ ، ٣ — مقاومة ثابتة (م$_{٢}$) ، (م$_{٥}$) = ٢٢٠٠٠٠ أوم .

٤ — مقاومة ثابتة (م$_{٣}$) = ١٠٠٠٠ أوم .

٥ — مقاومة ثابتة (م$_{٤}$) = ٢٩٠٠ أوم .

٦ — مقاومة ثابتة (م$_{٦}$) = ٥١٠ أوم .

ثانياً — المكثفات :

١ — مكثف ثابت (ث$_{١}$) = ٢٠ ميكروفاراد ١٠ فولت وثمنه ١٠ قروش

٢ — » » (ث$_{٢}$) = ٢٠ » ١٠ » » ١٠ »

٣ — » » (ث$_{٣}$) = ٧٠ » ١٥ » » ١٢ »

ثالثاً — البطاريات :

١ — بطارية قوتها الدافعة ٣ فولت .

٢ — بطارية قوتها الدافعة ٩ فولت وثمنها ١٠ قروش ويمكن استعمال بطاريتين كل منهما ٤½ فولت يوصلان على التوالى وثمن الواحدة ٥ قروش.

رابعاً — المحولات :

١ — محول للتردد المنخفض مقاومة ملفه الإبتدائى ٨٢ أوم ومقاومة ملفه الثانوى ٢٣٥٠٠٠ أوم وثمنه ٢٥ قرش .

٢ — محول للتردد المنخفض مقاومة ملفه الإبتدائى ٢٠٠ أوم ومقاومة ملفه الثانوى ٥٠٠٠٠ أوم وثمنه ٢٥ قرش .

خامساً — الترانزستورات :

يلزم للجهاز ترانزستورين من نوع CK 722 وثمن الواحد ١٥٠ قرشاً ويمكن عند عدم وجود هذا النوع الاستعاضة عنه بالنوع OC 71 وثمن

الواحد ١٧٧ قرشاً أو أى ترانزستورين من الأنواع التى تستخدم فى دوائر تكبير التردد المنخفض .

سادساً — بعض الأدوات الأخرى :

١ — مفتاح توصيل ذو قطب واحد وقفزة واحدة . وثمنه من ١٠ — ١٥ قرش .

٢ — أربع وصلات تشبة تلك المستخدمة فى أعمال التليفونات ويمكن الحصول عليها من محلات بيع مخلفات الجيش بثمن لا يزيد عن ٧ قروش للواحدة ويمكن الحصول عليها جديدة بسعر أعلى من السابق عند محلات بيع أدوات وقطع غيار الأجهزة اللاسلكية . وقد رمز لها على الرسم بالرموز جا$_{١}$ ، جا$_{٢}$ ، جا$_{٣}$ ، جا$_{٤}$.

وتباع هذه الأجزاء جديدة بسعر ٢٠٠ قرشاً للواحدة ويمكن الحصول عليها من مخلفات الجيش بسعر أقل .

٣ — مجموعتان على الأقل كل منهما مكونة من سماعة للأذن تبلغ مقاومة ملفاتها ٢٠٠٠ أوم متصلة بميكروفون للرقبة أو ميكروفون حبيبى ويمكن الحصول عليها من مخلفات الجيش وثمن السماعة ١٥ قرشاً وثمن الميكروفون ١٠ قروش وتباع هذه الأجزاء جديدة بسعر ٢٠٠ قرشاً الوحدة.

٤ — صندوق معدنى يمكن وضع الجهاز بداخله . ويترك حجمه وشكله حسب تصميم القارىء وذوقه .

طريقة توصيل الدائرة الكهربية وما يجب مراعاته لذلك :

١ — تثبت الأجزاء أولا داخل صندوق الجهاز بعد عمل الثقوب المناسبة لتثبيتها ثم يتم توصيل الدائرة الكهربية المبينة بالرسم .

٢ — يجب ملاحظة توصيل أطراف المكثفين (ث$_1$ ، ث$_2$) فى الدائرة توصيلا مضبوطا بمعنى أن الطرف السالب للمكثف (ث$_1$) يوصل بقاعدة الترانزستور الأول والطرف الموجب لنفس المكثف (ث$_1$) يوصل بالطرف المتوسط المتحرك فى المقاومة المتغيرة (م$_1$) المستخدمة كضابط للصوت . ويوصل الطرف السالب للمكثف (ث$_2$) بالطرف الجمع للترانزستور الأول مع توصيل الطرف الموجب لنفس المكثف بقاعدة الترانزستور الثانى .

٣ — يجب لحام أطراف الترانزستورين فى الدائرة الكهربية لضمان تشغيل الجهاز تشغيلا حسنا ولتثبيتها جيدا فى الدائرة الكهربية .

٤ — تستخدم وصلة من نوع خاص لها ثلاثة أطراف لتثبيت المجموعة المكونة من السماعة والميكروفون لكل شخص يلزمه الاتصال بآخر خلال الجهاز .

٥ — توصل أقطاب البطاريات توصيلا مضبوطا فى الدائرة .

وأقل عدد للوصلات هو اثنتان ويمكن زيادة العدد إلى أربع وصلات ولكن ذلك سوف يكون على حساب شدة الصوت وينتج عنه إستهلاك تيار كبير من البطارية مما قد يؤدى إلى نفادها سريعا .

٦ — يستهلك من التيار الكهربى ما مقداره ٢ — ٣ مللى أمبير من البطارية ذات القوة الدافعة ٩ فولت عند تشغيل الجهاز . وشدة هذا التيار صغيرة جداً حتى أن هذه البطارية يمكنها أن تعمل فى الجهاز مدة تصل إلى أربعة شهور دون أن تتلف . وأما التيار الذى يستهلك من الأخرى ذات قوة الدافعة ٣ فولت فهى كبيرة نسبيا ولذلك فأن هذه البطارية ربما لا يزيد عمرها عن شهرين ، وهى مدة كبيرة إذا قورنت بالمدة التى تعمل فيها هذه البطارية فى إضاءة مصباح كهربى صغير .

٧ — يسمع الشخص الذى يستخدم هذا الجهاز صوته خلال السماعات المركب على أذنيه ولا يعتبر هذا عيب بل أنه مهم حتى يمكنه أخذ فكرة عن مستوى إرتفاع الصوت الذى يخرج من الجهاز ليذهب إلى ٥ زميله فى الطرف الآخر من أطراف الأتصال .

٨ — يمكن إستخدام أسلاك توصيل بين أماكن بعيدة خلال الجهاز ويستحسن إستخدام سلك مزدوج معزول بالبلاستيك أو المطاط مغطى بجدائل من النحاس معزولة بالمطاط أو البلاستيك . ومثل هذا النوع جيد فى عملية التوصيل إذ يكون غير قابل للتأثر بالمجالات المغنطيسية المتغيرة التى تنتج فى الأسلاك الكهربية المجاورة لهذا السلك عند مرور التيار فيها .

ويبلغ ثمن المتر من هذا النوع حوالى ١٠ قروش . ويوجد عند محلات بيع قطع غيار الأجهزة اللاسلكية ويستخدم غالباً فى توصيل رأس الإذاعة فى الجراموفون إلى جهاز التبكير الموجود فيه .

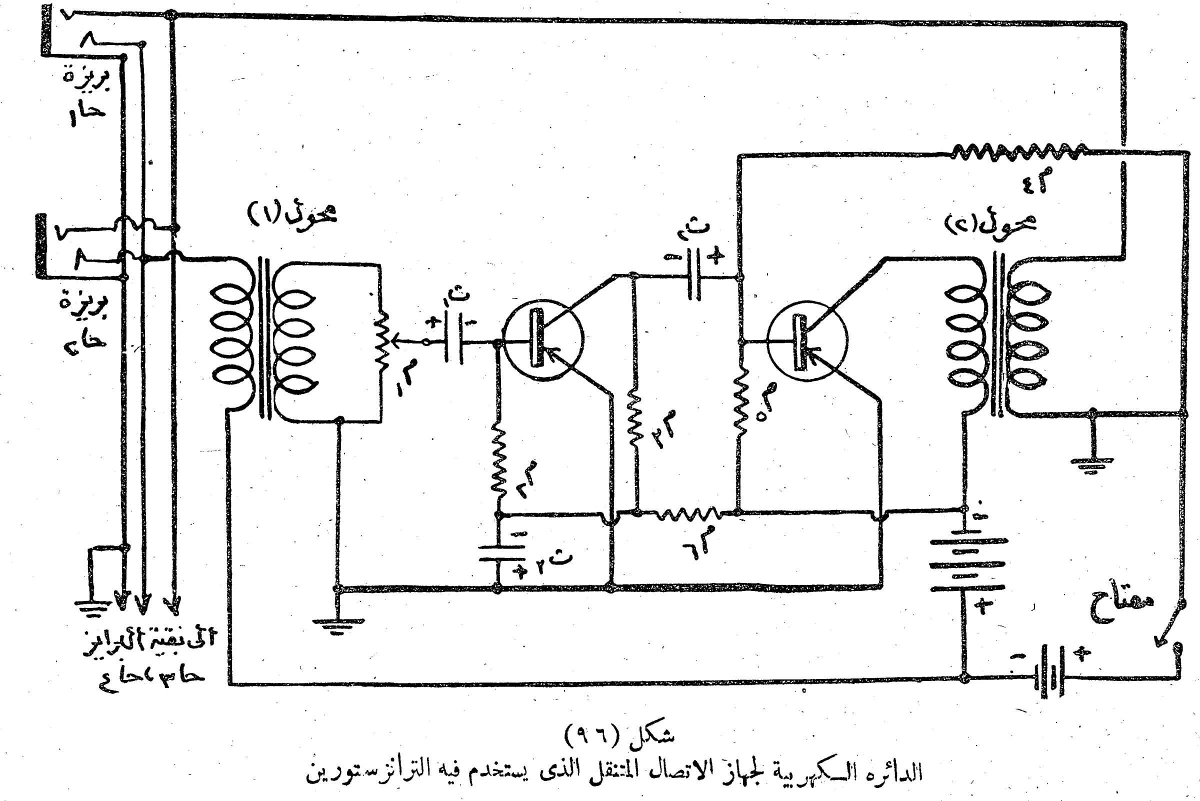
نظرية عمل الجهاز :

تتركب الدائرة الكهربية شكل (٩٦) من مرحلتين لتكبير الجهد ترتبطان ببعضهما عن طريق استخدام المقاومات والمكثفات . وهى طريقة شائعة للربط بين مراحل التكبير المختلفة للأجهزة الالكترونية .

ويوصل التيار الخارج من ميكروفون الرقبة أو الميكروفون الحبيبى إلى مقاومة متغيرة تستعمل كضابط للصوت خلال محول مناسب للميكروفون

والجهد اللازم للمكروفون يؤخذ من البطارية ذات القوة الدافعة الصغيرة (٣ فولت) وعند حدوث أى صوت يقوم الميكروفون بالتقاطه ويحوله إلى تيار مستمر نابض يدخل أولا إلى المحول فيرتفع جهده خلال

الملف الثانوى ويمر هذا الجهد إلى المكثف ($ث_1$) خلال المقاومة المتغيرة ($م_1$) إلى قاعدة الترانزستور الأول . ونحن نعلم أن التيار المستمر لا يمر خلال أى مكثف ولكن التيار النابض أو المتردد يمكنه أن يشحن المكثف فى لحظة ثم يفرغه خلال لحظة أخرى بحيث يظهر لنا أن هناك تياراً يمر فى هذا المكثف . ولذلك فإن المكثف ($ث_1$) يقوم بمنع التيار المستمر من المرور من المحول إلى قاعدة الترانزستور ولكنه يسمح بمرور التيار النابض منه إلى قاعدة الترانزستور ، وتتصل قاعدة الترانزستور الأول بالطرف السالب للبطارية خلال مجموعة من المقاومات لإعطائها جهداً أصلياً مناسباً . وتعمل المقاومة ($م_3$) كحمل فى دائرة الطرف المجمع الترانزستور الأول ويكون التيار المار فيها قد كبر خلال هذا الترانزستور وبنفس الطريقة السابقة يتم إتصال دائرة خروج الترانزستور الأول بقاعدة الترانزستور الثانى (دائرة دخوله) أى عن طريق مقاومة ومكثف . (المقاومة $م_3$ والمكثف $ث_2$) . وتتصل قاعدة الترانزستور الثانى بالطرف السالب للبطارية خلال المقاومتين $م_4$ ، $م_5$ وقيمتهما كبيرة بحيث تقلل من حسياسية الجهاز للتغيرات فى درجة الحرارة . أما الحمل المستخدم فى دائرة خروج الترانزستور الثانى فهو الملف الإبتدائى للمحول الثانى المستخدم هنا كخافض للجهد ويوصل الملف الثانوى لهذا المحول بملفات السماعة ليعطيها التيار الكهربى الشديد اللازم لتشغيلها .



شكل (٩٦)
الدائره الـكهربية لجهاز الاتصال المتنقل الذى يستخدم فيه الترانزستورين

الحارس الصامت

Silent Sentinel

جهاز بثلاثة ترانزستورات

يتكلف سبعة جنيهات ويحرس الملايين

يستطيع هذا الجهاز الذى يحتوى على ثلاثة ترانزستورات ولا يكلف سوى بضعة جنيهات أن يحميك أنت وأهلك ومالك من أى دخيل أو متطفل بإنذارك فى الوقت المناسب حتى تتهيأ لطرد هذا الغريب . ويمكن استخدام الجهاز فى حراسة الخزائن فى جميع المرافق ، فى المدارس ، فى المستشفيات ، فى البنوك ، فى المصانع والمعامل ، فى دور الحكومة ، فى كل ما له صلة بالمال والأعمال والأرواح .

الأدوات اللازمة للجهاز وأثمانها التقريبية :

أولا — المقاومات :

١ — مقاومة ثابتة (م$_{١}$) = ٥٦٠ أوم (½ واط) وثمنها ١,٥ قرش

٢ — » » (م$_{٢}$) = ٢٢٠ ألف » » » ١,٥ »

٣ — » » (م$_{٣}$) = ٢٢٠٠ » » » ١,٥ »

٤ — » » (م$_{٤}$) = ١٠٠٠ » » » ١,٥ »

٥ — » » (م$_{٥}$) = ٤٧٠ ألف » » » ١,٥ »

٦ — » » (م$_{٦}$) = ٢٢٠ ألف » » » ١,٥ »

٧ — » » (م$_{٧}$) = ٤٧٠٠ » » » ١,٥ »

٨ — » » (م$_{٩}$) = ٣٣ ألف أوم (½ واط) وثمنها ١,٥ قرش

٩ — » » (م$_{١٠}$) = ٤٧٠٠ » » » ١,٥ »

١٠ — مقاومة متغيرة (م$_{ر}$) = ١٥ ألف أوم وثمنها من ١٥ — ٢٥ قرشاً

ثانياً — المكثفات :

١ — مكثف متغير (ث$_{١}$) سعته = ٩ — ١٨٠ بيكوفاراد (ميكا) وثمنه ٥

٢ — » » (ث$_{٢}$) » = ٢ — ٣٠ » » » ٥

٣ — » » (ث$_{٣}$) » = ٩ — ١٨٠ » » » ٥

٤ — مكثف ثابت (ث$_{٤}$) » = ٠,٠٠٥ ميكروفاراد » ٤

٥ — » » (ث$_{٥}$) » = ٠,٠١ » » ٤

٦ — » » (ث$_{٦}$) » = ٠,٠٠٥ » » ٤

٧ — » » (ث$_{٧}$) » = ١٧٠ بيكوفاراد » ٣

٨ — » » (ث$_{٨}$) » = ١٠ ميكروفاراد ٢٥ فولت الكتروليتي وثمنه ١٠

٩ — » » (ث$_{٩}$) » = ١٠ ميكروفاراد ٢٥ فولت الكتروليتي وثمنه ١٠

١٠ — » » (ث$_{١٠}$) » = ٠,٠٤٧ ميكروفاراد » ٥

ثالثاً — الترانزستورات :

١ — ترانزستور من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة (2 N 112) وهو نوع يستخدم فى دوائر التردد العالى ، ويمكن الاستعاضة عنه بالنوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة ورقمه OC 70 أو OC 71 حيث ثبت من التجارب العملية أمكان استخدامهما

فى دوائر مهتزة ذات تردد متوسط وأخرى ذات تردد عالٍ ، دون أى تعديل فى الدوائر عند استعمال الترانزستورين الأخيرين .

٢ — ترانزستوران من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة السالبة الموجبة ورقم كل منهما (2 N 107) . ويمكن الاستغناء عنهما ووضع ترانزستورين من نوع (OC 71) بدلهما دون تعديل فى الدائرة . وقد عرفنا أثمان هذه الأنواع فيما سبق من الأجهزة .

رابعاً — الملفات :

يحتاج الجهاز إلى ثلاثة ملفات متشابهة كل منها يتركب من اسطوانة من الورق المقوى أو البلاستيك يوجد عليها ملفان الأول كبير وبه وصلة متوسطة والآخر أصغر منه ويخرج من كل ملف خمسة أطراف للتوصيل عليها أرقام (١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥) . يجب ملاحظة هذه الأرقام على الرسم عند القيام بعملية التوصيل . ويبلغ ثمن الواحد منها ٢٠ قرشا .

خامساً — المقوّمات :

١ — مقوم معدنى Metal Rectifier وثمنه ٧٠ قرشاً .

والجهد الكهربى الذى يعمل عنده ١٥ ڤولت وشدة التيار ٣٠ مللى أمبير .

٢ — موحــد بللورى (OA 50) أو (1 N 34) وثمنه الآن يبلغ ٤٠ قرشاً .

سادساً — بعض الأدوات الأخرى :

١ — محول التيار العام خافض للجهد يمكن توصيل ملفه الابتدائى بالتيار العام (جهده ١١٠ فولت أو ٢٢٠ فولت) ويمكن الحصول من ملفه

الثانوى على جهد قدره ١٥ فولت فقط بتيار شدته ½ أمبير . وهو يشبه المحولات المستخدمة فى دوائر الأجراس الكهربية ويبلغ ثمنه ٢٥ قرشاً .

٢ — مجدد Relay ذو ثلاثة أطراف للتوصيل ومقاومة ملفه تبلغ ٢٠٠٠ أوم ويشتغل بجهد كهربى قدره ١٢ فولت ويمكنه جذب حافظته عند ما يمر به تيار شدته ٤ مللى أمبير ، ويسبب التغير فى شدة التيار بمقدار ٥,٠ مللى أمبير رجوع الحافظة إلى مكانها أو انجذابها إلى القلب الحديدى . ويباع فى محلات بيع مخلفات الجيش بسعر لا يزيد على ١٥ قرشاً وإن كان الجديد منه يباع بسعر أغلى .

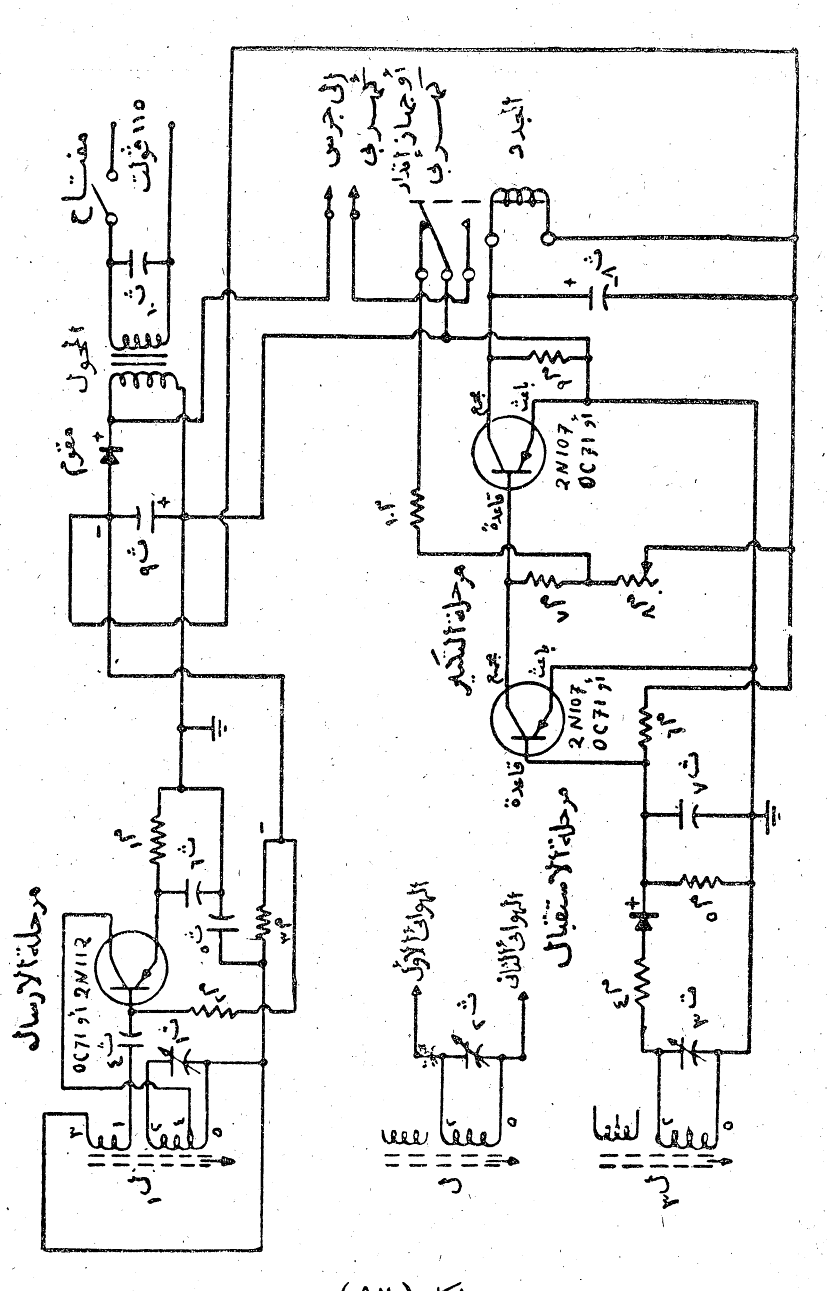
٣ — أسلاك مفردة من النوع رقم ٢٠ المعزول بالبلاستيك والمستخدمة فى توصيل المصابيح الكهربية فى المنزل بالتيار العام ، تستعمل كهوائى للجهاز ويتوقف طول السلك اللازم على أبعاد الشبابيك والأبواب الموجودة بالمنزل وعلى المسافة بينها وبين الجهاز ؛ ويمكن استخدام أى طول لهذا الجهاز دون خوف من عدم تشغيله وثمن المتر من السلك المذكور يتراوح بين ٧,٥ ، ١٥ مليما .

٤ — صندوق للجهاز يصنع من الألومنيوم الرقيق سمك $\frac{1}{16}$ من البوصة بالمواصفات المبينة على الرسوم التوضيحية المبينة بشكلى (١٩٨ ا ، ب) .

٥ — مسامير قلاووظ بصواميلها تناسب تركيب أجزاء الجهاز وثمنها جميعاً لا يزيد على خمسة قروش .

٦ — مفتاح توصيل وثمنه ١٥ قرشاً .

٧ — جرس كهربى يشتغل على التيار العام ويصل ثمنه إلى ٢٥ قرشاً .



شكل (٩٧)

الدائرة الكهربية لجهاز الحارس الصامت

طريقة توصيل أجزاء الجهاز وبعض ملاحظات عن التركيب:

أنظر شكل (٩٧).

١ — تثبت الأجزاء المختلفة لهـذا الجهاز بداخل الصندوق المعدنى فى الأماكن المحددة لها على الرسوم التوضيحية المفصلة .

٢ — تلحم الأطراف المختلفة للدائرة الـكهربية باتباع الرسم .

٣ — يراعى أن يبدأ فى توصيل مصدر التيار العام بالمحول خلال مفتاح التوصيل .

٤ — تركب الأجزاء المستخدمة فى كل من مرحلتى الاهتزاز والنقل على الوجه الأمامى للجهاز .

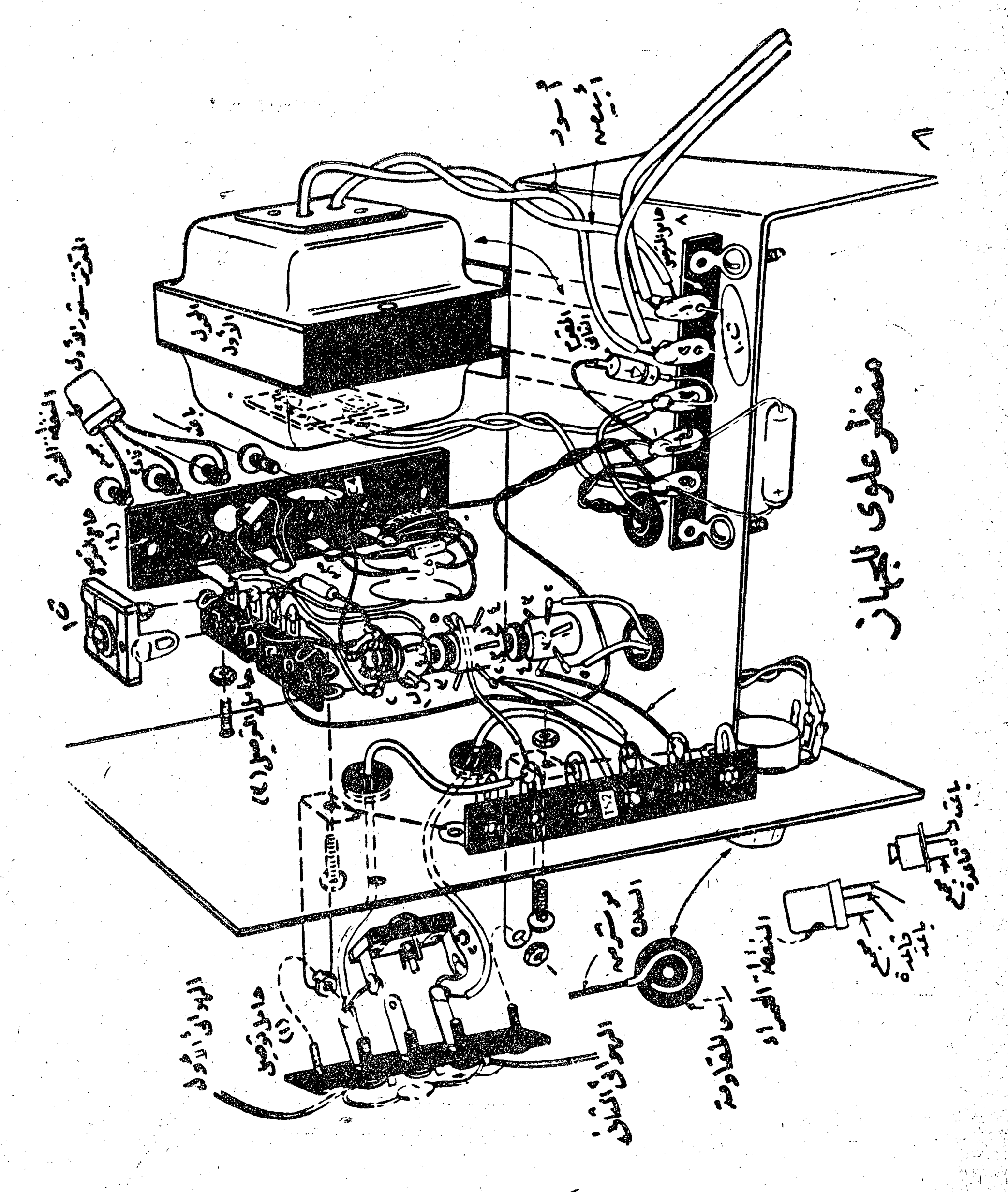
٥ — تركب الملفات الثلاثة بحيث تكون محاورها على استقامة واحدة .

٦ — تركب الأجزاء المستخدمة فى المرحلة الأخيرة (مرحلة تكبير التيار المستمر) أسفل القاعدة المعدنية للجهاز .

٧ — لا تلحم الترانزستورات والموحد البللورى إلا بعد إتمام توصيل بقية الأجزاء الأخرى من الدائرة الـكهربية .

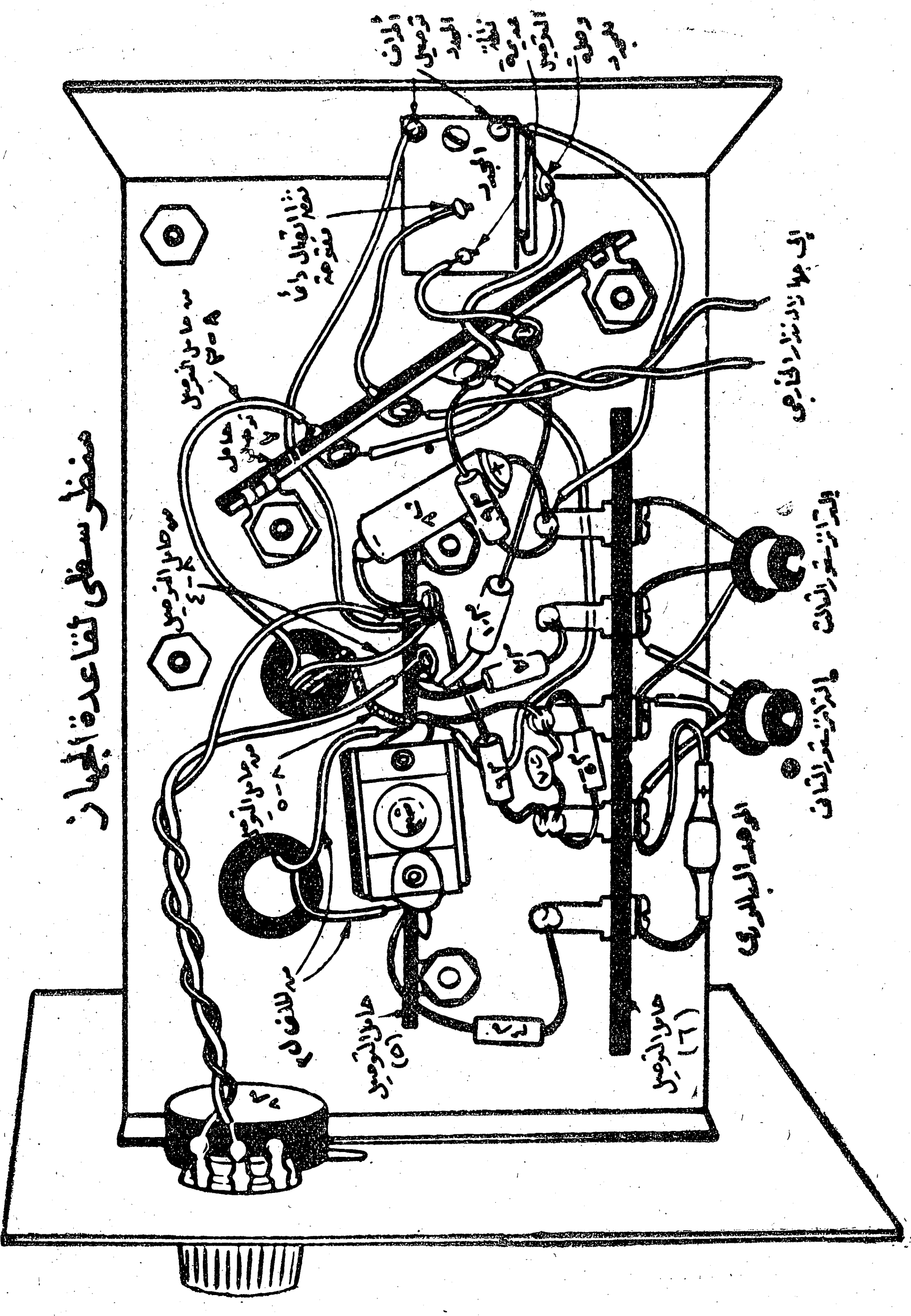
٨ — يستعمل عازل من المطاط أو البلاستيك للأطراف المعدنية للترانزستورات .

أنظر شكل ٩٨ ا ، ب .



شكل (٩٨ ا)

منظر علوى مفصل للجهاز لبيان الأماكن النسبية للأجزاء المختلفة



شكل (٩٨ ب)

منظر سفلى لقاعدة الجهاز

نظرية عمل الجهاز :

تتكون الدائرة الكهربية من ثلاث مراحل :

١ — المرحلة الأولى هى مرحلة الإرسال أو الاهتزاز : وفيها يقوم الترانزستور الأول بإصدار إشارة كهربية صغيرة الشدة ولكنها ذات تردد خاص يتوقف على كل من حث الملف ل١ وسعة المكثف ث١ ويمكن بتغيير قيمة كل منهما تغيير تردد هذا التيار .

٢ — المرحلة الثانية هى مرحلة الاستقبال : وفيها تستقبل الإشارة اللاسلكية ذات التردد العالى الصادرة من دائرة الترانزستور الأول فتقوّم أولا بواسطة الموحد البللورى (OA 50 أو I N 34) ثم تحوّل إلى تيار مستمر باستخدام الترانزستور الثانى (2N107 أو OC 70)

٣ — المرحلة الأخيرة وهى مرحلة تكبير للتيار المستمر الذى يصل من الترانزستور الثانى ، ويقوم بهذه العملية الترانزستور الثالث الذى يتصل فى دائرة خروجه بملف المجدد . ويقوم هذا الملف بعمل الحمل اللازم لدائرة الخروج من الجهاز .

ويلاحظ أن مرحلة الاستقبال تضبط على تردد أكبر من تردد المرحلة الأولى وهى مرحلة الإرسال أو الاهتزاز . وبذلك لا تدخل أى إشارة كهربية من الإشارات التى تصدرها مرحلة الإرسال إلى مرحلة الإستقبال .

فإذا اقترب شخص من الهوائيات المتصلة بالجهاز وهى موصلة إلى مرحلة الإستقبال فأن دائرة التوليف (وهى المكونة من الملف الثانى ل٢ والمكثف المتغير الثانى ث٢) يتغير تردد رنينها ويقترب من تردد مرحلة الإهتزاز ، فيمر من الأخيرة تيار متردد يقوّم ثم يكبر فى المراحل المختلفة للجهاز حتى يصل إلى ملف المجدد فيسبب جذب حافظتها فتقفل دائرة الإنذار

الخارجية المكونة من الجرس ومصدر التيار العام فيرن الجرس معلنا اقتراب الغريب من هوائيات الجهاز .

ولكى لا يتوقف جهاز الإنذار عن إصدار إنذاراته فقد استخدمت مقاومة ثابتة (م ١٠) المبينة فى الرسم (شكل ٩٧) . فعندما تنجذب حافظة المجدد إلى قلبه الحديدى ينقطع توصيل هذه المقاومة عن أجزاء الدائرة فيزيد التيار الأصلى المار فى قاعدة الترانزستور الثالث بحيث ينتج عن ذلك أن تصبح شدة التيار الخارج من هذا الترانزستور فى مرحلة خروجه كافية لتشغيل المجدد حتى فى حالة عدم دخول إشارة لاسلكية ذات تردد عال إلى مرحلة الإستقبال .

عمل أسلاك الهوائى وطريقة توصيلها بالجهاز :

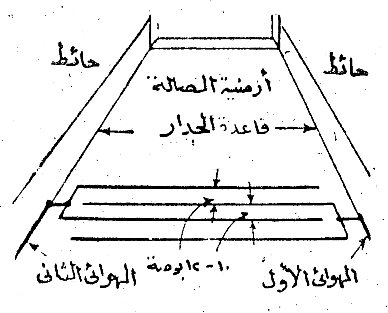
تثبت الأسلاك المستخدمة كهوائيات للجهاز فى الأطارات الخشبية للشبابيك والأبواب أو تحت السجاجيد أو مشمع الأرضية . ويمكن إستخدام شبكات معدنية كهوائيات أو عمل عدة توصيلات على التوازى من سلك واحد تثبت فى مساحة واسعة كما هو بالأشكال (٩٩ ١ . ب ، حـ) .

وربما كانت الأسلاك النحاسية الرفيعة المعزولة بالورنيش رقم ٣٠ S.W.G أفضل من استخدام أسلاك معزولة بالبلاستيك نظراً لدقة الأولى وسهولة إخفائها .

ويلاحظ أن السلكين الهوائيين الرئيسيين اللذين يتصلان مباشرة بالجهاز يبعدان عن بعضهما مسافة تصل بين نصف متر ومتر حتى تكون السعة الناتجة عن تقاربهما صغيرة جدا .

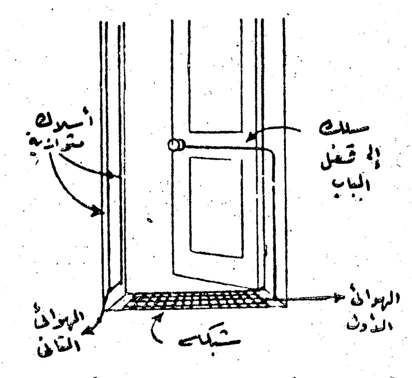
والرسوم التوضيحية المرافقة تبين بعض الأماكن التى يمكن وضع

الهوائيات فيها بحيث تصبح أفخاخا يمكنها أن تنبىء عن وجود الأشخاص فى المنطقة المثبتة فيها .

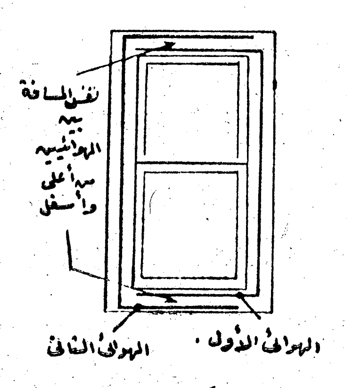


شكل (٩٩ أ)
كيفية تثبيت الأفخاخ فى أرضية الصالة

ويستحسن توصيل بعض المكثفات ذات السعات الصغيرة على التوالى بين الهوائيات والأفخاخ حتى تقلل من السعة الكلية للمجوعة وتزداد بذلك حساسية الجهاز بالنسبة للتغيرات الصغيرة فى هذه السعة .



شكل (٩٩ ب)
كيفية تثبيت الأفخاخ عند عتبة الباب



شكل (٩٩ ج)
كيفية تثبيت الأفخاخ حول باب الغرفة

عملية ضبط الجهاز وتشغيله :

١ — يوصل طرفا مكثف ثابت سعته (١٥٠ بيكو فاراد) مكان طرفى هوائى الجهاز .

٢ — يدار مفتاح المقاومة المتغيرة (م٨) إلى نهايته حتى تكون مقاومته أكبر ما يمكن .

٣ — يوصل طرفا ملف المجدد بفولتمتر حساس

٤ — يدار مسمار المكثف (ث٢) حتى تكون سعته أكبر ما يمكن .

٥ — يدار كل من مسماري المكثفين (ث١ ، ث٢) حتى تصبح سعة كل منهما نصف السعة الكلية .

٦ — يغلق مفتاح توصيل الجهاز بالتيار العام (١١٠ فولت) .

٧ — يجب أن تكون قراءة الفولتمتر بين ٢ ، ٢½ فولت .

٨ — يدار مسمار المكثف (ث١) بحيث تزداد سعته بالتدريج وينتج عن ذلك زيادة في الجهد عند طرفي ملف المجدد ويدل على ذلك زيادة قراءة الفولتمتر وتزاد سعة المكثف بالتدريج حتى تصبح قراءة الفولتمتر أكبر ما يمكن .

٩ — يدار مسمار المكثف (ث٣) بحيث تزداد سعته بالتدريج حتى يحدث هبوط شديد في قراءة الفولتمتر .

وعند إتمام هذه العملية تكون مرحلة الاستقبال مؤلفة توليفا مضبوطا مع مرحلة الارسال وتصبح قراءة مقياس الفولتمتر بين ١٣ ، ١٥ فولت . وقد تسمع صوتا ضعيفا أثناء عملية الضبط يصدر من المجدد ويدل على حدوث جذب بين حافظته وقلبه الحديدي .

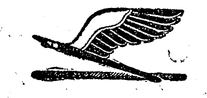
١٠ — يدار مسمار المكثف ث٢ حتى تصبح قراءة الفولتمتر حوالى ٤ فولت .

١١ — تفتح دائرة التيار العام لحظة وجيزة لترجع نقط توصيل المجدد إلى التباعد وترجع الحافظة بعيدة عن القلب الحديدي .

١٢ — يدار الطرف المتحرك للمقاومة المتغيرة ($م_{٨}$) حتى يرتفع الجهد إلى حوالى ٦ فولت .

١٣ — يكمل توصيل المقاومة الثابتة ($م_{١٠}$) فى مكانها من الجهاز بعد أن كانت هذه المقاومة متروكة دون توصيل

١٥ — يرفع المكثف الذى وضع مكان الهوائى فى الجهاز ويوصل الهوائيين فى مكانه وتعاد العملية السابقة من عمليات الضبط للحصول على أحسن النتائج .



الباب العاشر

صيانة وإصلاح أجهزة راديو الترانزستور

إنه من السهل اكتشاف الأسباب التى تعطل جهاز الترانزستور أو العيوب التى تسبب عدم اشتغاله باتقان إذا ماعرف الأنسان هذه الأسباب التى يتوقع وجودها . ولقد فتحت أجهزة الراديو المبنية على الترانزستور آفاقا جديدة لمهندسى إصلاح الراديو ، وبالرغم من أن هذه الآفاق ما زالت محدودة وليست واسعة نظرا لحداثة عهد الترانزستور فان أعمال الأصلاح تستلزم طرقا جديدة وقدرة كافية .

إن جهاز الراديو المستخدم فيه الترانزستور سوف يدوم مدى الحياة ، مثل الساعة الدقيقة ، إذا ما اعتنى به عناية كافية . ويكفى الساعة أن تنظف بين آن وآخر وتضبط لكى تعيش مدة طويلة ، إلا إذا استعملت استعمالا سيئا . ولقد وجد أن جهاز الراديو المستخدم فيه الترانزستور يشبه الساعة تماما فإنه يحتاج من وقت لآخر إلى عملية تنظيف وضبط حتى يعيش مدة طويلة . ولا يوجد مدى لعمر الترانزستور ، والواقع أن هبوط مستوى عمل الترانزستور أو فشله يعتبر استثناء وليس قاعدة مادام هذا الترانزستور قد روعى فيه حسن الاستعمال من حيث الدقة والاتقان .

وأهم العيوب التى توجد فى أجهزة راديو الترانزستور والتى تكون حوالى ٩٩٪ من أسباب فشل هذه الأجهزة فى العمل يتلخص فى ثلاثة عناوين رئيسية :

أولا — البطاريات :

(ا) البطاريات المستخدمة فى أجهزة راديو الترانزستور قد تنفد فلا تعطى تيارا كهربيا .

(ب) قد يعكس توصيل أقطابها بالجهاز دون قصد بحيث يوصل قطبها السالب مكان القطب الموجب . وربما نتج عن ذلك احتراق بعض الترانزستورات المستخدمة فى الجهاز أو توقفها عن العمل .

(ح) قد تكون أطراف البطاريات صدئة وذلك يسبب عزل الجهد الكهربى للبطاريات عن الأجزاء المختلفة للراديو ، ويحدث هذا خاصة عندما تترك البطاريات إلى أن يحدث فيها ثقوب تسبب خروج بعض أملاحها وتسبب صدأ أطراف توصيلها بجهاز الراديو .

والواقع إن هذه العيوب الثلاثة السابقة ترجع إلى أن البطاريات لا تستهلك بسرعة فى أجهزة راديو الترانزستور وتمكث مدة طويلة فى الجهاز دون الحاجة إلى تغييرها . ومعظم الأشخاص الذين يملكون أجهزة راديو الترانزستور لا يعلمون تماماً متى يجب تغيير البطاريات وبذلك يتركون البطاريات فى الأجهزة إلى أن يمضى الوقت الذى كان يجب أن تستبدل فيه هذه البطاريات .

وكقاعدة عامة يجب استبدال البطاريات عندما يهبط جهدها وهى تعمل فى الجهاز إلى أقل من ٧٥٪ من جهدها الأصلى قبل أن تقوم بعملها فى الجهاز فمثلا إذا كان الجهاز يشتعل على بطارية جهدها ٦ فولت يجب تغييرها عندما يصبح جهدها ٤½ فولت .

ثانياً : المكثفات :

المكثفات المستخدمة فى أجهزة راديو الترانزستور من الأنواع التى تحتوى بداخلها على مواد كيميائية وتعرف بالمواد الالكتروليتية تعمل على

زيادة سعة المكثف وتقليل حجمه وتتحمل جهوداً كهربية صغيرة . وبمرور الوقت تقل سعة هذه المكثفات وينتج عن ذلك حدوث صفير فى جهاز الراديو يعرف بالاهتزاز أو ضعف أو انعدام التيار الخارج إلى مضخمات الصوت أو حدوث تشويش فى الصوت .

فمثلا وجد أن المكثف الموصل عادة على التوازى مع التيار الخارج من أجهزة راديو الترانزستور وسعته فى العادة بين ٢،٥ ميكروفارد تقل هذه السعة بعد مدة من الزمن إلى ½ ميكروفارد تقريباً . وبذلك يؤثر تأثيراً كبيراً على مستوى الصوت الخارج من جهاز الراديو . وبدوام البحث والتجارب أمكن تلافى هذا العيب إلى حد كبير فى الأجهزة المصممة حديثاً وكذا باجادة صنع هذه المكثفات أمكن التقليل من نقص سعاتها إلى حد كبير وبذلك قلت الشكوى الناتجة عن وجود هذه المكثفات فى دوائر التيارات الخارجة .

والواقع أن هذه المكثفات ذات السعات الكبيرة والتى لا تتحمل إلا جهوداً صغيرة High Copacitance Low Voltage يمكن أن تتلف تلفاً دائماً عند عكس توصيل أطرافها بأطراف البطاريات أو إذا زادت الجهود الكهربية المستخدمة لها عن الجهود المحددة .

ثالثاً : قطع أطراف التوصيل فى الدائرة : —

يستخدم فى معظم أجهزة راديو الترانزستور دوائر مطبوعة Printed Circuits *

ومن السهل أن تكسر لوحة الفيبر التى تحمل الدائرة المطبوعة مما ينتج عنه قطع فى أى جزء من أجزاء الدائرة الكهربية ويؤدى إلى وقف الجهاز عن العمل . وبالإضافة إلى ذلك يمكننا القول أن بعض التوصيلات

---

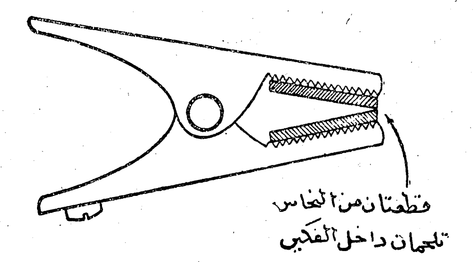
* يستعاض فيها عن التوصيلات السلكية بلوحة من الفيبر رسمت عليها الدائرة بشرائط رقيقة جدا من النحاس تلحم اجزاء الدئره فيها مباشرة

لا تكون ملتحمة التحاما كافياً لعدم نظافتها أو لأن الاتصال فيها ضعيف ، وينتج عن ذلك حدوث بعض الخلل فى عمل الجهاز .

ومما يكشف هذا العيب استخدام مقاييس الجهد لقياس الجهود فى النقط المختلفة من الدائرة الكهربية عند تركيبها ، واختبار التوصيلات المختلفة والتأكد من عدم حدوث أى قطع فيها .

طريقة العمل فى الدوائر المطبوعة

يلزم لإجراء عمل لوحة الدائرة المطبوعة كثير من الآلات والأجهزة ، إذا ما حدث كسر فيها . ويستحسن إجراء إصلاح كسور لوحات الدوائر المطبوعة بواسطة الشركات ذاتها التى قامت بصناعتها . أما أى كسر بسيط مفرد فى أحد توصيلات الدائرة المطبوعة فيمكن إصلاحه بعمل قنطرة أو كوبرى من السلك يصل بين الجزئين المقطوعين . والواقع أن عملية إصلاح الدوائر المطبوعة فى أجهزة الترانزستور أو فى أجهزة الصمامات الالكترونية متشابهة ، إذ تكفى كمية ضئيلة من الحرارة لكى تصهر قصدير اللحام المستخدم على لوحة الدائرة المطبوعة ، ولكى يتم ذلك يحسن استخدام كاوية اللحام ذات الطرف المدبب من الحجم الصغير (قدرتها ٣٧,٥ واط) لمعظم إصلاحات الدوائر المطبوعة . وبالطبع إذا لزم استخدام كاوية أكبر حجما لصهر القصدير فيمكن ذلك ولكن يجب أن لا تزيد مدة توصيلها بأجزاء الدائرة عن القدر الذى يكفى لعمل لحام جيد فقط ، إذ أن الحرارة الشديدة إذا ما استخدمت فى الدوائر المطبوعة فإنها تحرق لوحة الدائرة وتسبب انفصال أجزاء الدائرة المطبوعة النحاسية عن اللوحة العازلة ، كذلك فإن الحرارة الشديدة إذا ما استخدمت فى أطراف الترانزستور فإنها قد تسبب تلفاً دائماً له . وإذا ما أريد استخدام الكاوية للحام أحد أطراف الترانزستور فيجب أن يمسك طرف



شكل (١٠٠)
ماسك معدنى يستخدم فى الأمساك بأطراف الترانزستور حتى لا يتلف
نتيجة وصول الحرارة إلى أجزائه الداخلية

الترانزستور بماسك معدنى شكل(١٠٠) حتى تتسرب الحرارة إليه ولا تصل إلى داخل الترانزستور .

ومن أهم العوامل التى تسبب تلف الترانزستور :

١ — أن تعرض أطراف توصيله لدرجة حرارة عالية .

٢ — أن تعرض للحرارة مدة طويلة من الزمن .

٣ — أن توصل أطراف الترانزستور توصيلا خاطئا بأقطاب البطاريات

٤ — أن توصل أجهزة القياس التى تحتوى على بطاريات كهربية مباشرة بأطراف الترانزستور مما قد يسبب تسخينا للأسلاك الداخلية للترانزستور أو انصهارها وانفصالها عن بللورة الجرمانيوم .

٥ — أن توصل أطراف الترانزستور ببعضها باللحام .

والآن . . . إذا لم تجد عيبا فى البطاريات أو فى توصيل أطرافها ولم تجد أى قطع فى أجزاء الدائرة ولم تكن هناك أجزاء موصلة ببعضها توصيلا خاطئا فيلزم الآن استخدام فولتمتر إلكترونى (V. T. V. M.) . لمعرفة صلاحية الترانزستورات المستخدمة فى الجهاز . ويجب أن يراعى شرطان فى استخدام هذا المقياس :

١ — أن لا يستخدم فيه جهد كهربى أكثر من ٣ فولت .

٢ — أن يستخدم الجزء الذى يقرأ المقاومات من الجهاز .

ثم تدرس مقاومات الترانزستورات وخصائصها فتقاس المقاومات الآتية

١ — من الطرف الباعث إلى القاعدة والعكس .

٢ — من الطرف المجمع إلى القاعدة والعكس .

ويجب أن يلاحظ أنه عندما تجمع القراءات السابقة أن تكون النسبة بين مقاومة الطرف الباعث إلى القاعدة وعكسها (أى من القاعدة إلى الطرف الباعث) تصل إلى ١ : ١٠٠ . وكذلك الحال بالنسبة للمقاومة بين الطرف المجمع والقاعدة .

قياس الجهد :

عند قياس الجهود لا بد من قياسها بالنسبة للطرف الباعث .

ففى حالة الترانزستور من النوع الموجب السالب الموجب يجب أن تكون قاعدة الترانزستور الموصلة بالدائرة سالبة بالنسبة للطرف الباعث بمقدار يصل إلى ٢,٠ فولت . أما الطرف المجمع فسوف يكون سالبا بالنسبة للطرف الباعث بمقدار يختلف باختلاف الترانزستور المستخدم . وفى حالة الترانزستور من النوع السالب الموجب السالب يجب أن تكون قاعدته الموصلة فى الدائرة موجبة بالنسبة للطرف الباعث بمقدار ٢,٠ فولت أما الطرف المجمع فسوف يكون موجبا بالنسبة للطرف الباعث بمقدار يختلف باختلاف خصائص الترانزستور المستخدم .

قياس شدة التيار :

يمكن حساب شدة التيار المار فى الأجزاء المختلفة للترانزستور بمعرفة الجهود المختلفة عند أطراف الترانزستور والمقاومات المتصلة بها وباستعمال قانون أوم الذى سبق شرحه يمكن إيجاد شدة التيار الذى يمر فى أى دائرة من دوائر أطراف الترانزستور .

وعند حساب شدة التيار يلاحظ ما يأتى :—

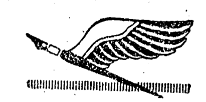
١ — أن تكون مقاومة ضابط الصوت فى الجهاز أقل ما يمكن .

٢ — أن تكون سعة مكثف دائرة التوليف المستخدمة فى الجهاز أقل ما يمكن وتختلف قيمة شدة التيار فى أجزاء الدائرة حتى ولو كانت الترانزستورات المستخدمة فى المراحل المختلفة من نوع واحد ولها خصائص مشتركة .

ويجب عند تغيير بعض أجزاء الترانزستور أن تكون قيم هذه الأجزاء مضبوطة وخصوصا فى حالة تغيير الملفات والمحولات .

وبعد دراسة الملاحظات السـابقة دراسة عميقة واتباع الارشادات السالفة ، سوف يجد الهاوى أو العامل أن اصلاح أجهزة الترانزستور فى سهولة اصلاح أجهزة الصمامات الألكترونية .

فاذا لم يتيسر اصلاحها بعد ذلك فيصح الرجوع إلى المصانع الرئيسية لهذه الأجهزة .



تعريف بالمقاومات

لما كانت المقاومات كثيرة الاستخدام فى الدوائر المختلفة لذلك كان لزاما علينا إرشاد الهاوى إلى طريقة التعرف على المقاومات لتبين قيمها .

ولما كانت بعض هذه المقاومات من الصغر بحيث لا يتيسر كتابة مقاديرها بالأرقام التى تدل على عدد الأومات (والتى يرمز لها بالرمز Ω) ، لذلك اصطلح على وضع ألوان ذات دلالة خاصة متفق عليها وبيانها كما يلى :

اللون الأسود يدل على رقم صفر
» البنى » » ١
» الأحمر » » ٢
» البرتقالى » » ٣
» الأصفر » » ٤
» الأخضر » » ٥
» الأزرق » » ٦
» البنفسجى » » ٧
» الرمادى » » ٨
» الأبيض » » ٩

كما أنه اتفق على تخصيص اللون الذهبى للدلالة على أن مقـــدار خطأ المقاومة عن الحقيقة فى حدود ± ٥ ٪

واللون الفضى للدلالة على أن مقدار خطأ المقاومة عن الحقيقة فى حدود ± ١٠ ٪

وعدم وضع لون ذهبى أو فضى للدلالة على أن مقدار خطأ المقاومة عن الحقيقة فى حدود ± ٢٠ ٪

وطريقة وضع الألوان تختلف باختلاف المصانع والنوعان المنتشران في السوق هما:

النوع الأول : على شكل اسطوانة يخرج من وسط كل من طرفيها سلك توصيل والألوان فى هذا النوع تكون على شكل شرائط دائرية على مسافات متساوية تبدأ من أحد الجانبين متجهة نحو الجانب الآخر .

فأول شريط قرب أحد الجانبين يدل على الرقم الأول من العدد الدال على قيمة المقاومة (أى أن البنى يدل على رقم ١ والأحمر ٢ وهكذا) والشريط التالى يدل على الرقم الثانى من العـــدد الدال على قيمة المقاومة . والشريط الثالث يدل على عدد الأصفار التى تكمل العدد الدال على قيمة المقاومة .

مثال : إذا كان حول مقاومة ثلاثة أشرطة أولها (جهة أحد الجانبين) أحمر ويليه أخضر ويليه أصفر دل ذلك على أن قيمة المقاومة ٢٥٠٠٠٠ أوم (ذلك لأن اللون الاول الاحمر من الجدول السابق يدل على الرقم ٢ وهو أول رقم فى العدد، والشريط الذى يليه أخضر يدل على الرقم ٥ من الجدول وهو الرقم الثانى من العدد الدال على المقاومة، والشريط الثالث الأصفر وقيمته ٤ من الجدول يدل على عدد الاصفار أى أربعة أصفار تكمل العدد إلى ٢٥٠٠٠٠ أوم) .

يلاحظ أنه لعدم وجود لون فضى أو ذهبى على المقاومة يدل على أن الخطأ فى قيمة هذه المقاومة ± ٢٠٪ أى أن القيمة الحقيقية لهذه المقاومة تتراوح بين ٢٠٠٠٠٠ ، ٣٠٠٠٠٠ أوم .

النوع الثانى : وهو عادة على شكل اسطوانة تنتهى برأسين عند جانبيها يخرج من كل منهما سلك جانبى عمودى على الاسطوانة ويلون جسم المقاومة بلون يدل على الرقم الاول من العدد الدال على قيمة المقاومة ويلون أحد

الرأسين بلون يدل على الرقم الثانى من العدد الدال على قيمة المقاومة وتوضع نقطة بلون خاص يدل على عدد الاصفار التى تكمل قيمة المقاومة ويلون الرأس الآخر باللون الذهبى أو الفضى أو يكون بلون الجسم للدلالة على مدى الخطأ كما سبق .

مثال : مقاومة جسمها ملون باللون الازرق وأحدالرأسين ملون باللون البرتقالى والآخر باللون الفضى وعلى الجسم نقطة بنية فتتحدد قيمة المقاومة كما يلى :

الرقم الأول ٦ (لأن الجسم لونه أزرق) .

الرقم الثانى ٣ (لأن أحد الرأسين لونها برتقالى) .

عدد الاصفار صفر واحد (لأن البقعة لونها بنى) .

أى أن قيمة هذه المقاومة ٦٣٠ أوم .

بخطأ قدره ± ٦٣ أوم . (١٠٪ لأن لون الرأس الأخرى فضى) .



خصائص بعض الترانزستورات المستخدمة فى هذا الكتاب

(OC 70 — OC 71 — OC 72)

وكلها من النوع ذى الأقطاب المتلاصقة الموجبة — السالبة — الموجبة

أوجه المقارنة	OC 70	OC 71	OC 72
استعمالات الترانزستور	فى مراحل الدخول ولاهتزاز	فى مراحل النقل والخروج والاهتزاز	فى مراحل الخروج ذات القدرة الكبيرة
أقصى جهد سالب لتيار مستمر يوصل بالطرف المجمع	٥ ڤولت	٥ ڤولت	١٦ ڤولت
أقصى جهد سالب لتيار متردد يوصل بالطرف المجمع	١٠ ڤولت	١٠ ڤولت	٣٢ ڤولت
أقصى شدة تيار مستمر يمر فى الطرف المجمع (بفرض أن جهده سالب)	١٠ مللى أمبير	١٠ مللى أمبير	٥٠ مللى أمبير
أقصى شدة تيار يمر فى الطرف الباعث (بفرض أن جهده سالب)	١٠ مللى أمبير	١٠ مللى أمبير	٥٠ مللى أمبير
أقصى قدرة خارجة من المجمع	٦ مللى واط	٦ مللى واط	٧٥—١٠٠ مللى واط
التشويش بالديسى بل عند تردد قدره ١٠٠٠ ذبذبة فى الثانية	١٠-١٥ ديسى بل	١٠-٢٢ ديسى بل	١٥ ديسى بل
ممانعة الدخول (عندما تكون دائرة الخروج مقفلة)	٥٨-٨٨ أوم	١٠-٢٥ أوم	—

جدول الأسلاك النحاسية

أرقام أسلاك S. W. G.	القطر بالمليمتر	عدد اللفات لكل بوصة طولية				طول السلك لكل رطل		مقاومة كل ١٠٠٠ قدم في ٢٥°م
		معزول بالورنيش	معزول بطبقة مفردة من الحرير	معزول بطبقة مفردة من القطن أو مزدوجة من الحرير	معزول بطبقة مزدوجة من القطن	عاري	طبقتين من القطن	
١٢	٢٫٥٨٨	٩٫٦	—	٩٫٣	٨٫٩	٣١٫٨٢	٣٠٫٩	١٫٠١٨
١٣	٢٫٣٠٥	١٠٫٧	—	١٠٫٣	٩٫٨	٤٠٫١٢	٣٨٫٨	١٫٢٨٤
١٤	٢٫ ٥٣	١٢٫	—	١١٫٥	١٠٫٩	٥٠٫٥٩	٤٨٫٩	١٫٦١٩
١٥	١٫٨٢٨	١٣٫٥	—	١٢٫٨	١٢	٦٣٫٨٠	٦١٫٥	٢٫٠٤٢
١٦	١٫٦٢٨	١٥٫٠	—	١٤٫٢	١٣٫٨	٨٠٫٤٤	٧٧٫٣	٢٫٥٧٥
١٧	١٫[illegible]٥٠	١٦٫٨	—	١٥٫٨	١٤٫٧	١٠١٫٤	٩٧٫٣	٣٫٢٠٧
١٨	١٫٢٩١	١٨٫٩	١٨٫٩	١٧٫٩	١٦٫٤	١٢٧٫٩	١١٩	٤٫٠٩٤
١٨	١٫١٥٠	٢١٫٢	٢١٫٢	١٩٫٩	١٨٫١	١٦١٫٣	١٥٠	٥٫١٦٣
١٩	١٫٠٢٤	٢٣٫٦	٢٣٫٦	٢٢٫٠	١٩٫٨	٢٠٣٫٤	١٨٨	٦٫٥١٠
٢[illegible]	٫٩١١٦	٢٦٫٤	٢٦٫٤	٢٤٫٤٠	٢١٫٨	٢٥٦٫٥	٢٣٧	٨٫٢١٠
٢١	٫٨١١٨	٢٩٫٤	٢٩٫٤	٢٧٫٠	٢٣٫٨	٣٢٣٫٤	٢٩٨	١٠٫٣٥
٢٢	٫٧٢٣٠	٣٣٫١	٣٢٫٧	٢٩٫٨	٢٦	٤٠٧٫٨	٣٧٠	١٣٫٠٥
٢٣	٫٦٤٣٨	٢٧٫٠	٣٦٫٥	٣٤٫١	٣٠	٥١٤٫٢	٤٦١	١٦٫٤٦
٢٤	٫٥٧٣٣	٤١٫٣	٤٠٫٦	٣٧٫٦	٣١٫٦	٦٤٨٫٤	٥٨٤	٢٠٫٧٦
٢٥	٫٥١٠٦	٤٦٫٣	٤٥٫٣	٤١٫٥	٣٥٫٦	٨١٧٫٧	٧٤٥	٢٦٫١٧
٢٦	٫٤٥٤٧	٥١٫٧	٥٠٫٤	٤٥٫٦	٣٨٫٦	١٠٣١	٩٠٣	٣٣٫٠٠
٢٧	٫٤٠٤٩	٥٨	٥٥٫٦	٥٠٫٢	٤١٫٨	١٣٠٠	١١١٨	٤١٫٦٢
٢٩	٫٣٦٠٦	٦٤٫٩	٦١٫٥	٥٥٫٠	٤٥	١٦٣٩	١٤٢٢	٥٢٫٤٨
٣٠	٫٣٢١١	٧٢٫٧	٦٨٫٦	٦٠٫٢	٤٨٫٥	٢٠٦٧	١٧٥٩	٦٦٫١٧
٣١	٫٢٨٥٩	٨١٫٦	٧٤٫٨	٦٥٫٤	٥١٫٨	٢٦٠٧	٢٢٠٧	٨٣٫٤٤
٣٣	٫٢٥٤٦	٩٠٫٥	٨٣٫٣	٧١٫٥	٥٥٫٥	٣٢٨٧	٢٥٣٤	١٠٥٫٢
٣٤	٫٢٢٦٨	١٠١	٩٢٫٠	٧٧٫٥	٥٩٫٢	٤١٤٥	٢٧٦٨	١٣٢٫٧
٣٦	٫٢٠١٩	١١٣	١٠١	٨٣٫٦	٦٢٫٦	٥٢٢٧	٣١٣٧	١٦٧٫٣
٣٧	٫١٧٩٨	١٢٧	١١٠	٩٠٫٣	٦٦٫٣	٦٥٩١	٤٦٩٧	٢١١٫٠
٣٨	٫١٦٠١	١٤٣	١٢٠	٩٧٫٠	٧٠	٨٣١٠	٦١٦٨	٢٦٦٫٠٠
٣٨ — ٣٩	٫١٤٢٦	١٥٨	١٣٢	١٠٤	٧٣٫٥	١٠٤٨٠	٦٧٣٧	٣٣٥٫٠
٣٩ — ٤٠	٫١٢٧٠	١٧٥	١٤٣	١١١	٧٧	١٣٢١٠	٧٨٧٧	٤٢٣٫٠
٤١	٫١١٣١	١٩٨	١٥٤	١١٨	٨٠٫٣	١٦٦٦٠	٩٣٠٩	٥٢٣٫٤
٤٢	٫١٠٠٧	٢٢٤	١٦٦	١٢٦	٨٣٫٦	٢١٠١٠	١٠٦٦٦	٦٧٢٫٨
٤٣	٫٠٨٩٧	٢٤٨	١٨١	١٣٣	٨٦٫٦	٢٦٥٠٠	١١٩٠٧	٨٤٨٫١
٤٤	٫٠٧٩٩	٢٨٢	١٩٤	١٤٠	٨٩٫٧	٣٣٤١٠	١٤٢٢٢	١٠٦٩

المراجـــع

1 — Transistor Physics & Circuits,
by Robert L. Riddle & Marlin P. Ristenbatt.

2 — Practical Transistor & Transistor Circuits,
by J. S. Kendall.

3 — Transistors for Low Frequency Applications,
Philips Electronic Tube Division.

4 — Basic Electricity,
by Abraham Marcus.

5 — The Radio Amateur's Handbook,
by The American Radio Relay League.

6 — Practical Wireless Magazine.

7 — Popular Electronics » .

8 — Popular Science » .

9 — Radio Electronics » .

10 — Science & Mechanics » .

11 — Popular Mechanics » .

12 — R. C. A. Recieving Tube Manual.

دار القلم بالقاهرة
١٨ سوق التوفيقية

هذه الصفحة مخصصة لكتابة الملاحظات التي تعن القارئ.
ويمكن إرسالها بالعنوان التالي :

الجمهورية العربية المتحدة — القاهرة
تفتيش العلوم بمبنى المجمع (التحرير الدور التاسع غرفة ٤٦)
الأستاذ محمد البارودي

الملاحظات

الترانزستور

يشمل هذا الكتاب الموضوعات التالية :

- مراحـــل اكتشاف الترانزســتور
- تركيب الترانزســتور ونظرية عمـله
- طريقة صنعه بمعرفة الهواة وفى الصناعة
- بيـــان طريقة استخدام الترانزستور فى عمل راديو فى حجم علبة الكبريت ، وفى عمـل أنواع قوية من الراديو ، وفى عمل أجهزة إرســال ، وأجهزة مساعدة السمع للصم
- بيان بمواصفات وأثمان أجزاء الأجهزة السابقة وأماكن الحصول عليها
- كيفية التعرف على مواطن الخلل وطرق الإصلاح

الثمن ٤٠ ص

دار القلم بالقاهرة
١٨ سوق التوفيقية